雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 173
2018 AUGUST

全球未來能源發展趨勢

國際間核電機組除役費用規劃

除役現場的甘苦談

芬蘭高放射性廢棄物最終處置場將全面測試

日本玄海核電廠4號機開始供電





能源轉型 怎麼轉？





核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER
NO. 173
2018.08 雙月刊

編者的話

政府在 2018 年 4 月公布「能源發展政策綱領」，目前也著手擬訂「能源轉型白皮書」、前瞻建設還有綠能建設。對於 2025 年廢核、天然氣發電 50%、燃煤 30%、再生能源 20% 的目標，逐步推動規劃；而在過渡期中，核電在除役前還是可發電，燃煤發電未來發電總量未必會減少，但占比會下降，燃煤排污也必須有效減量。

台大國發所所長周桂田接受專訪時表示，能源轉型不是只有發電的技術問題，更是龐大的社會轉型、產業轉型的挑戰，甚至政府治理都須轉型。新能源政策推動必須重新盤整、科學精算，也要提前與社會溝通，達到透明性、參與性及資訊性，讓政府內部、民眾與企業都正確了解且有準備，進而建立起配合轉型的責任性，台灣能源轉型才能成功。

但民眾是否清楚認知這些過渡措施？能否接受？政府推動能源轉型目前最大問題是沒有建立起社會學習曲線，沒有先與民眾、產業、科學界、公民團體溝通且建立正確認知。

根據世界衛生組織報告顯示，每年約 600 萬人死於空氣污染，也有新聞報導加拿大曾一度關閉核電廠改用燃煤發電，但因空氣品質變差，生病的人增加，才又重啟核電廠。政府推動能源轉型的過渡期，電力需求仍不斷成長，但在氣候變遷、全球夏天不斷創高溫紀錄、熱浪致死的環境威脅下，政府是否折衷找到既能符合民眾用電需求，又不使氣候惡化的方法，都考驗著執政團隊的智慧。

福島事故後，參與除污的英雄們漸漸被看見，參與除污的工作人員在諸般惡劣且充滿威脅的環境中，帶著強烈的社會意義，與努力恢復家園的使命感，大家同舟共濟，不時腦力激盪共同解決難題。這群熱血英雄既要注意輻射曝露的劑量規定時間，又想盡可能的把握住一分一秒多做點事。本期「阮的心聲」一文中受訪者的獻身精神，使福島核一廠除污作業進展快速，是一群令人肅然起敬的英雄。

本期「健康快遞」報導，研究顯示坐太久會讓人感到焦慮，且對精神健康造成不好的影響。研究也發現每天長時間坐著，心臟疾病、糖尿病、癌症及過早死亡的機率明顯增加。相對的，有愈來愈多研究顯示，每天走路能降低阿茲海默症的罹病風險，還能降血壓、血糖，減少中風的發生機率；而且，走路時會產生多巴胺，使心情愉悅。此外，也有研究發現，森林有很好的療癒功能，多接觸大自然與青草地，能有效抒壓；看樹影、聽水聲則可帶動大腦 α 波，使人放鬆。我們就先把惱人的能源問題擱在一旁，走進森林水畔，深呼吸吧！

目 錄

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
電子郵件：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、汪曉康、陳條宗、郭瓊文、劉仁賢、謝牧謙（依筆畫順序）

主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：長榮國際　文化事業本部
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告



圖 1. 能源轉型怎麼做？民眾最關心這些事。

能源轉型 怎麼轉？

文 編輯室

曾在新聞中看到記者訪問民眾對於能源轉型的看法，民眾很納悶那些綠色、轉型的口號到底是在喊什麼？不知道跟自己有什麼關係？只覺得空氣越來越髒，擔憂是不是還要繼續用自己的肺來提供台灣的用電？

在政府非核家園的能源政策目標之下，有許多人擔心「是否需要更多燃煤火力發電？」、「增建的燃氣發電設施是否會影響當地藻礁生態？」、「電價會不會變得很貴？」對於政府推動能源轉型充滿了疑惑與不安，以下根據經濟部能源局擬定的「能源轉型白皮書」的內容簡單說明。

我們為什麼要推動能源轉型？

自政府宣布 2025 年須達成非核家園的願景，擺脫核能並降低化石能源的依賴，因此將推動能源轉型。已於 2017 年 4 月 24 日核定「能源發展綱領」修正案，而「能源轉型白皮書」是落實「能源發展綱領」的重點行動方案。

能源轉型需要社會的監督與參與，因此在訂定能源轉型白皮書的過程中，政府將擴大公民參與，同時營造跨部會、跨地方與民間共同協力的氛圍，以使能源轉型白皮書撰擬程序更為周延。

能源局邀請民眾共擬具體行動方案「能源轉型白皮書」，第一階段於 2017 年 8 月結束後，正式進入第二階段—共同協作。由 60 位政府、產業、學者、公民代表分成 5 組進行討論，並撰擬能源轉型白皮書初稿。

規劃原則哪裡不一樣？

撰擬程序規劃核心思維是參考德、日、韓等國產出能源施政計畫的程序，導入共同協作及公民參與，推動我國參與式能源治理，強化地方能源治理能力。

預期建構公開、透明、友善，資訊公開的參與方式及平台，成立領域工作小組協作，成立 5 大工作小組協作能源轉型重點方案具體內容。撰擬過程若有爭議，則由「行政院能源及減碳辦公室」整合及協調。

能源轉型怎麼做？

「能源轉型白皮書」採用由公民一起共寫的方式，採 3 階段進行：預備會議、共同協作、公民對話。預備會議於 2017 年 7 月至 8 月在高雄、花蓮、台中、台北進行 4 場。透過實體會議與線上、傳真等共蒐集 605 則意見。

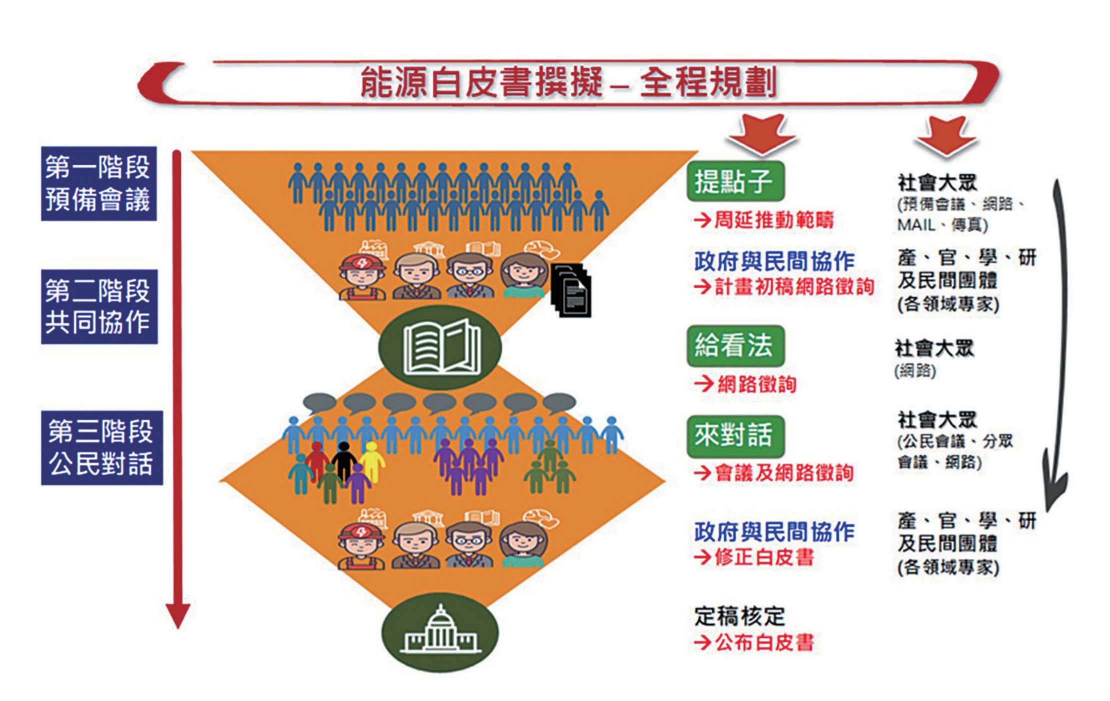


圖 2. 我國能源轉型白皮書撰擬程序 (圖片來源 : 能源轉型白皮書官網)

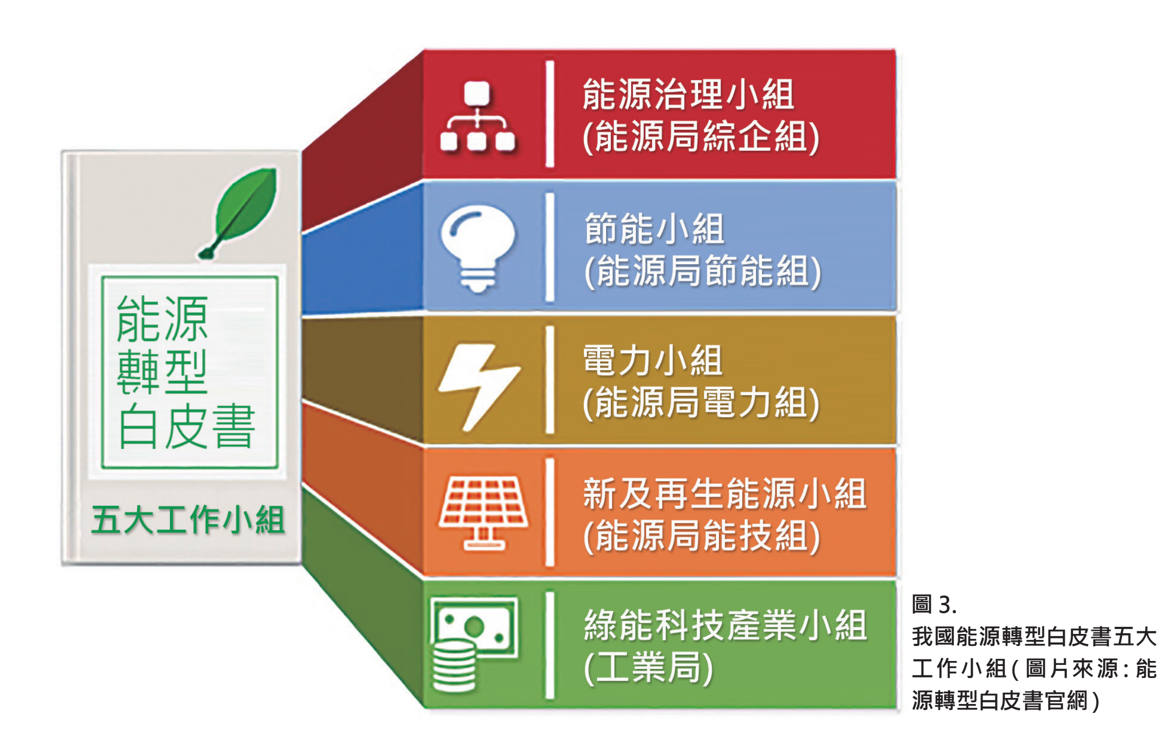


圖 3.
我國能源轉型白皮書五大工作小組(圖片來源:能源轉型白皮書官網)

意見盤點分類後，除了政府原訂的 19 大項，又增加「節能目標暨路徑規劃」、「公民電廠推動方案」，共 21 項重點方案。

第二階段為共同協作，由「能源治理」、「節能」、「電力」、「新及再生能源」與「綠能產業科技」5 個工作小組，分別討論 21 項重點方案。以共同協作產出具體內容，並上網徵求意見。

能源局強調，工作小組的會議資料都會公開，錄影，並進行文字轉播。個別重點方案初稿完成後，就會上網徵詢民眾意見並進行滾動式檢討。21 項重點方案初稿全部完成後，就會進入第三階段—公民對話。

經濟部能源局綜合企畫組組長翁素真表示，每場會議的討論資料都會在能源轉型白皮書專屬網站（http://energywhitepaper.tw）公開，也會進行文播，並公布會議紀錄。小組將針對各自所分配的重點方案撰擬初稿。方案初稿完成就會上網，民眾即可提供意見，小組也會進行滾動式檢討。

翁素真組長表示，2018 年初已完成 21 項重點方案的初稿，並進入第三階段。第三階段是公民會議，將會辦理分眾及公民會議，擴大公民對話。

如何使政府部門及民眾重視能源安全

專家指出，對社會大眾而言，能源議題過於抽象而且不易感知，電力供應才是民眾最容易直接感受的議題，因此與社會大眾談論

能源安全時可以電力安全為主。再者，缺電、限電經驗也有助於使社會大眾重視能源安全，例如這次815大停電所造成的後續討論，也強化民眾對電力穩定供應的重視。除了以上前提，要讓社會大眾重視能源安全，教育與資訊傳遞是極為重要的政策工具。

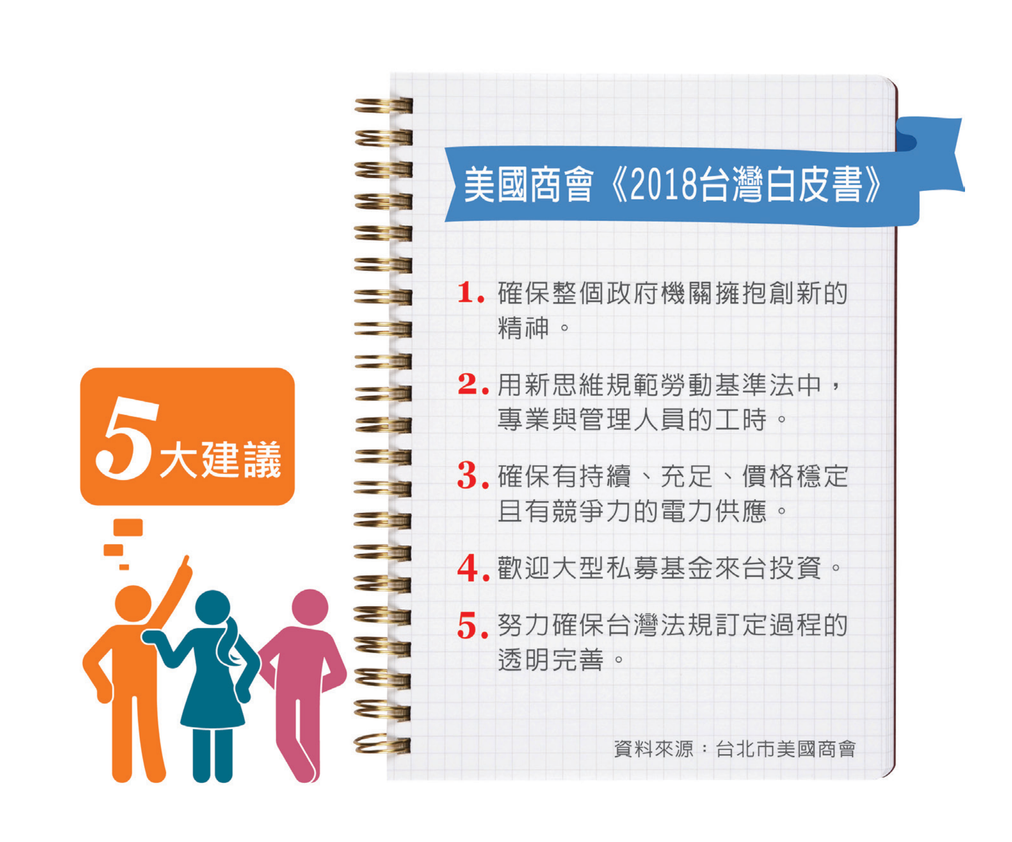
然而，要改變各級教育的內容困難度相當高，或許可以從能源資訊的有效擴散開始著手。然而，資訊傳遞的內容必須讓民眾有感，並且在直覺上容易理解。另外，資訊傳遞的形式必須結合新媒體平台，藉由大規模且一再重覆，讓民眾容易接觸有感的能源資訊，比較容易培養社會大眾對能源安全的重視。

以國外經驗來看，國外政府設有獨立的監管機關，依據相關的能源安全指標來衡量政府的績效表現，以此督促政府重視能源安全的表現。依據我國電業法規定，監管機關將設立於行政部門轄下，如果是這樣的組織設計恐怕難以達到有效監管的目的。

此外，先進國家大多是自由化的電業市場，透過市場自由化可使穩定供電的代價完整地反映在市場價格中。如此一來，民眾與政府就會對能源安全更有感覺，也會因為要付出相應的代價而更重視能源安全。

美國商會：
台灣未來應提升能源安全

台北市美國商會於 2018 年 6 月 6 日發布《2018 台灣白皮書》，針對我國投資環境提出 5 大建言，建議我政府擁抱創新、放寬專



業管理人的工時彈性、穩定供電、加速私募基金來台、法規透明完善等，盼改善台灣的經商環境，讓來台外資金額與鄰近國家並駕齊驅。

美國商會建議，我國政府應100%確保持續、充足、價格穩定且具有競爭力的供電。章錦華會長表示，一次電力降載或跳電，對產業界的損失相當大，政府需以詳細的能源政策發展計畫，強化投資者的信心。

美國商會的能源安全指標主要是提供投資者參考，指標設計也著重於此。我國能源議題所應重視的除了價格之外，也應考量社會、環境、政治等因素；首先應重視的是指標脆弱度，如供電系統的餘裕度、強韌性；在電力上指系統的備載容量、備用容量。第二則是政府的制度，如政府決策的品質、公共工程採購的流程，及政治腐敗程度等問題。第三是市場自由化的程度，是否有壟斷風險？上述都是重要影響因素。

若要提升能源安全，最關鍵的就是提升能源自主；我國能源要如何自主，包含發展我國自有的可靠能源來源、提升我國經濟耐受度如產業結構調整、使用替代能源的彈性提升，以及改變民眾現有能源消費的習慣，這些因素將有助於改善我國能源安全，然而如何做到仍有待能源部門的具體措施。

目前能源系統的穩定與否取決於我國能源政策的穩定性，而其重點在社會各界對於能源政策應有共識，以避免能源政策的反覆變動造成系統的不穩定。若缺乏相關配套措施，將無法補足其缺口。

未來要提升能源安全度，除了積極建置再生能源系統外，還必須加強備援系統；目前我國在備援系統上並不完善，以往因為有核能的存在，我國能源的安全存量可以降得很低，若沒有及時提升安全存量，未來在無核的情形下，將會衍生很多嚴重的問題。

工商界憂心供電不穩影響設廠意願

蔡英文總統7月18日出席三三企業交流會例會，工商界的負責人拋出6大問題問蔡總統，其中缺電成為會場的一大焦點。

力晶創辦人暨執行長黃崇仁表示，半導體廠在台灣擴大投資，隨之而來的是更多用電需求，缺電風險不言可喻。他表示，台灣半導體業要永續發展，土地、環評跟電力三大需求，比政府想的還要多。台灣半導體競爭力領先大陸，不少台廠如台積電、華邦及力晶等，都已宣布要在台灣設新廠，但綜觀台灣能源政策，未來恐有缺電疑慮。

黃崇仁指出，以目前供電情況來講，當前政府的能源政策規劃或許沒有問題。但是，如果要持續發展半導體業，未來用電成長可能超過政府預期。他舉例，光是台積電在台南的3奈米新廠，一天用電量等同於3萬人的小鎮。現在許多台廠都有意回台投資，但是台灣日後面臨的缺電風險成為廠商心中的隱憂。

每個人都輸不起的未來

風險社會與政策研究中心助理研究員黃翰榆所撰述的《轉給你看 – 開啟台灣能源轉型》指出，氣候變遷與極端氣候帶來的風險

和人人都切身相關，讓我們體認到台灣進行低碳能源轉型的必要性。如果只靠政府、專家的力量，一定無法切合實際，還要擺脫過去我們習慣的生活模式。除了優質政策的搭配、產業結構轉型之外，更需要全民一起動起來參與及監督政府決策。

然而，最重要的核心主軸是，我們必須減少不必要的能源使用與浪費、環境污染、溫室氣體排放，並發展資源再循環利用的綠色永續模式。不論你身處在哪個領域、社會階級、世代、族群，都「輸不起」這些未知、不可逆的風險衝擊。要達成這樣的願景，國家與人民應當共同努力，其中有 4 個面向不得不重視：

1. 治理上的翻轉；
2. 政府政策的變革；
3. 電力發展的創新；
4. 公民的參與和社區的行動。

簡而言之，在永續與低碳轉型中不能只靠產業、政府與專家來驅動，也需要社會公民覺醒，並認知到永續傳承的責任，監督政府的環境治理能力，進而參與決策來共同對抗劇烈的氣候變遷威脅。除了專家、政策、政府與法律有可以進步的空間，公民力量的灌注才是轉型成功的重要關鍵，希望人人都能覺察到自己對於未來世代的責任，共同朝向全新的社會典範邁進。



參考資料：

1. 能源轉型白皮書 http://energywhitepaper.tw/why/
2. 能源資訊平台，如何使政府部門及社會重視能源安全 http://eip.iner.gov.tw/msn.aspx?datatype=bmV3cw==&id=ODI2
3. 美國商會白皮書 2018，2018 年 6 月 https://www.ndc.gov.tw/News_Content.aspx?n=3A9A81556C766495&sms=410817F53FCEA1C1&s=D2BF69E5E48DEF3A
4. 鉅變時代下的新導覽：轉給你看 - 開啟台灣能源轉型，黃翰榆 http://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m07-3/book-guide/881-2018-energy-guide.html



全球未來能源發展趨勢

文 張文杰

筆者在 2018 年 5 月 29 日參加了 < 全球未來能源趨勢論壇 >，其中一位講者是世界核能學會的總裁芮欣女士 (Agnita Rising)。原籍瑞典的芮欣女士專長是輻射防護、核能與環境溝通，曾共同創立「全球核能婦女會 (Women in Nuclear Global, WiN Global)」，並於 1996-2000 年擔任全球核能婦女會會長，在她任內 WiN 由歐洲擴展到全球，會員數成長 4 倍。她亦曾擔任歐洲核能學會 (ENS) 理事長、瑞典核能學會理事長等職，也在瑞典政府、歐盟委員會、國際原子能總署擔任專業顧問或諮詢委員。這次是芮欣女士第 3 次來台，所以她對世界和台灣的能源與核能情勢都非常熟悉。

我們需要乾淨的電力

芮欣女士說，全球電力需求是不斷在成長中，如圖 1 所示。省電雖然很重要，但是無法滿足人類的電力需求，增加電力來源是必需的，但是我們需要乾淨的電力來源。根據世界衛生組織報告顯示，每年有 600 萬人因空氣污染而死，加拿大曾一度關閉核電廠改成用燃煤發電，但因為空氣品質變差，生病的人增加，所以後來又重啟核電廠。

而城市化是未來的趨勢，根據聯合國的預測，到 2050 年的電力需求會倍增，而且全球有 2/3 人口是集中居住在城市中，特別是亞洲和非洲的城市人口會增加 90%。這時候，我們需要集中式的大型發電機組來滿足城市的電力需求，核電廠就是個好的選擇，因為核電除了低碳的優點，還擁有所需土地與資源最少的優點。

從圖 2 可看出，大量使用低碳能源的國家 / 地區，不是具有高比例的水力發電，就是具有高比例的核能發電，目前全球低碳能源中有 84% 來自水力發電和核能發電。芮欣女士表示，她個人很喜歡圖 3 這張人均太陽能、風力與核能發電量的圖，因為她的祖國瑞典的人均核能發電量是世界第一高的，也可以看出人均核能發電量都大於人均太陽能和風力發電量的總和，所以核能是低碳能源中不可或缺的一部分。

應對氣候變遷，應考慮核能

政府間氣候變遷專家委員會（Inter-governmental Panel on Climate Change, IPCC）擬定「在 2050 年二氧化碳排放量須降為 2000 年的一半，大氣中二氧化碳濃度維持 350 ppm，全球溫度上升不超過攝氏 2 度。」芮欣女士表示，為了達到這個目標，



圖 1. 全球電力需求成長圖

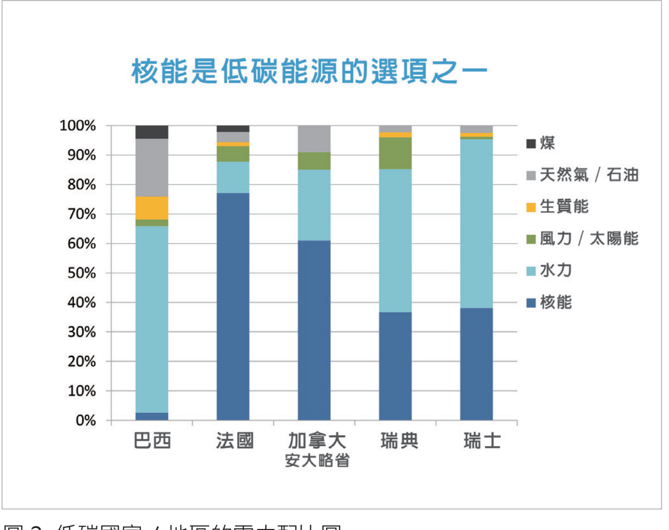


圖 2. 低碳國家 / 地區的電力配比圖

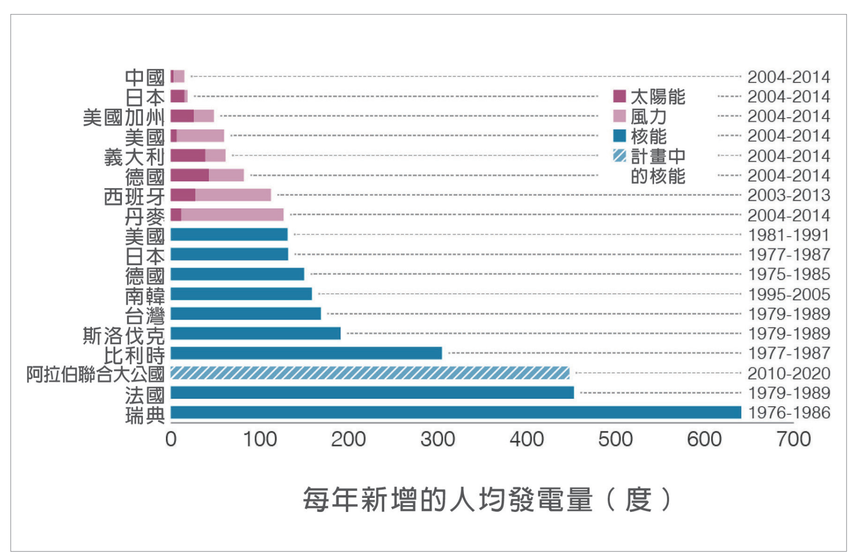


圖 3. 人均太陽能、風力與核能發電量。

低碳、可靠、潔淨的核能發電是不可或缺的，現有的核能裝置容量有 369 百萬瓩 (GW)，到 2050 年會因機組除役減少 150 百萬瓩，屆時新增的容量要有 1,000 百萬瓩，整體核能裝置容量要達到 1,250 百萬瓩，發電量達到 1,000 兆度 (TWh)，在全球發電量中的占比要從 11% 提升到 25%，如圖 4 所示。

芮欣女士說，為了到 2050 年新增的核電容量要有 1,000 百萬瓩，在 2021 年到 2025 年間，每年要有 25 百萬瓩的增加速率，到了 2026 年到 2050 年間要增加到每年要有

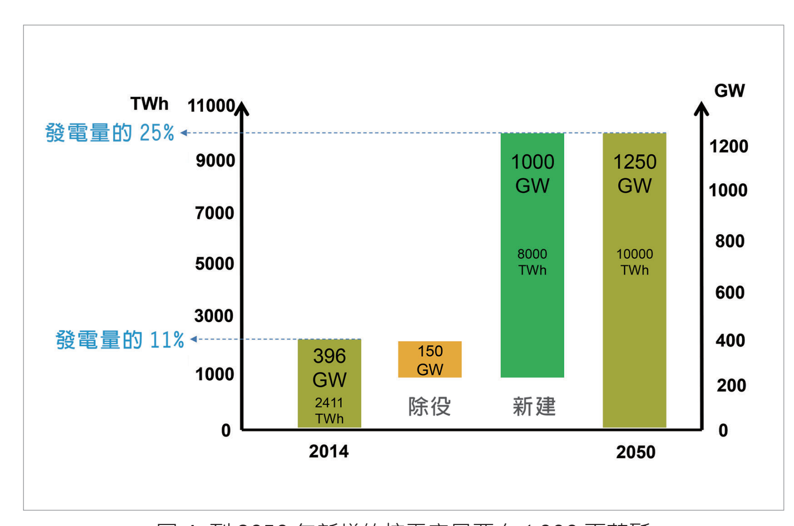


圖 4. 到 2050 年新增的核電容量要有 1,000 百萬瓩

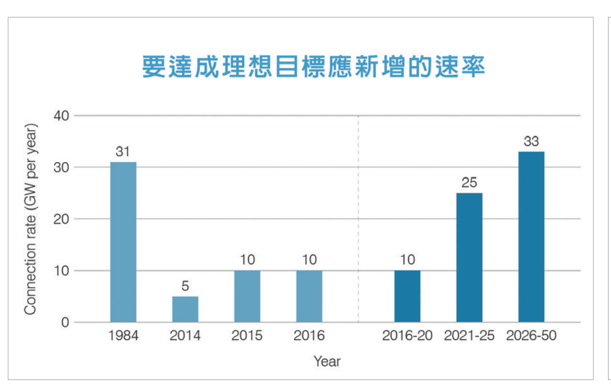


圖 5、核電要新增至 1,000 百萬瓩的增加速率

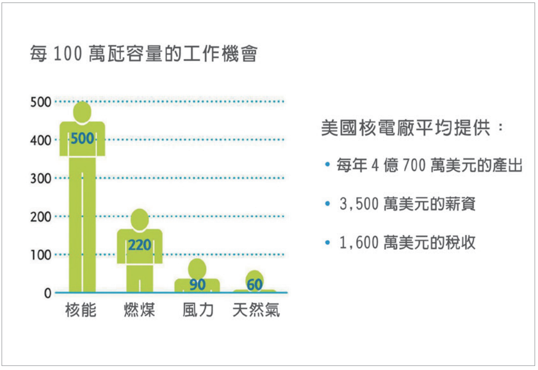


圖 6. 各種發電方式所創造的工作機會

33 百萬瓩的增加速率，這差不多是 80 年代的增加速率巔峰，如圖 5 所示。

芮欣女士接著表示，核能發電不但相對便宜，而且還可創造最多的工作機會，從圖 6 可看出，同樣的 100 百萬瓩容量之下，核能發電創造的 500 個工作機會是最多的，比燃煤多 380 位，跟燃氣相比更是多出 440 位。

世界能源發展趨勢

芮欣女士談到世界能源發展趨勢，從圖 7 可看出，全世界只有德國要放棄核能，有 20 幾個未使用核電的國家有計畫新建核電廠，另有 4 個未使用核電的國家正在新建核電廠，這 4 個國家分別是孟加拉、土耳其、沙烏地阿拉伯和白俄羅斯；其中白俄羅斯最

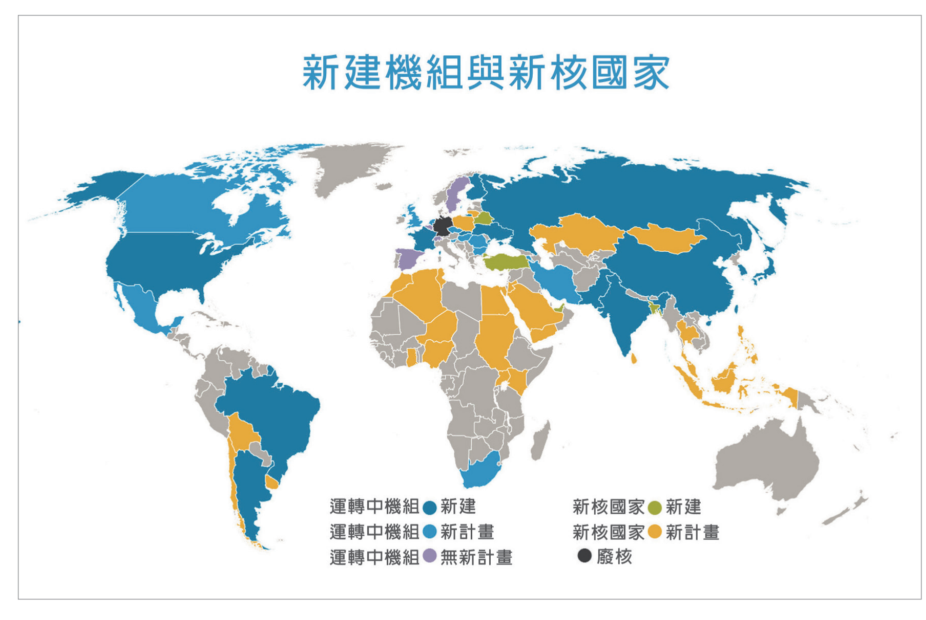


圖 7. 世界核能發展趨勢地圖

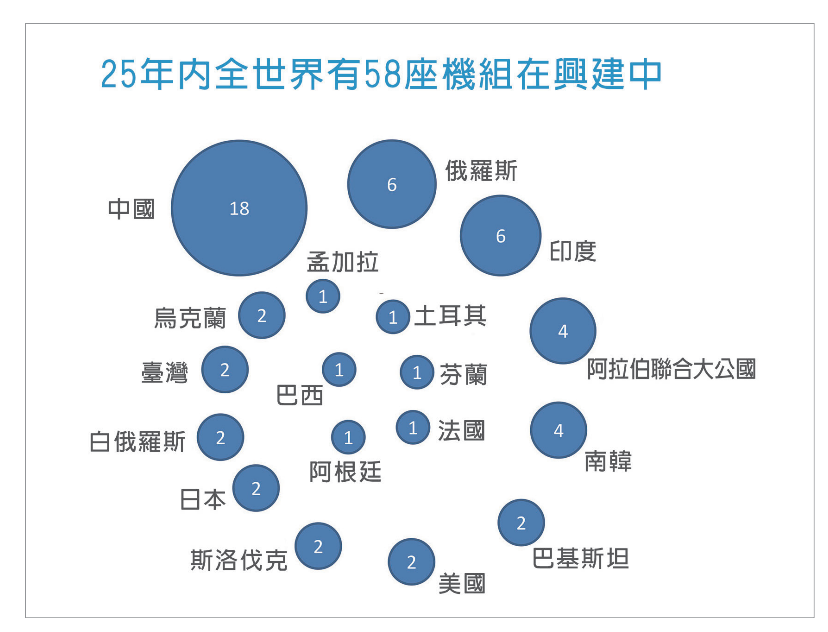


圖 8. 全球在 25 年內新建的核電機組

特別值得一提，因為在車諾比核災中不少輻射塵飄到白俄羅斯，白俄羅斯有近 1/4 的領土遭輻射塵覆蓋，成為車諾比核災受害最深的國家之一。但因為白俄羅斯一直苦惱於能源不足與貧窮這兩大難題，最終還是選擇核電，約有半數的白俄羅斯人支持發展核能，在新建核電廠的當地城鎮奧斯特羅韋茨，其支持度更高達 65%。

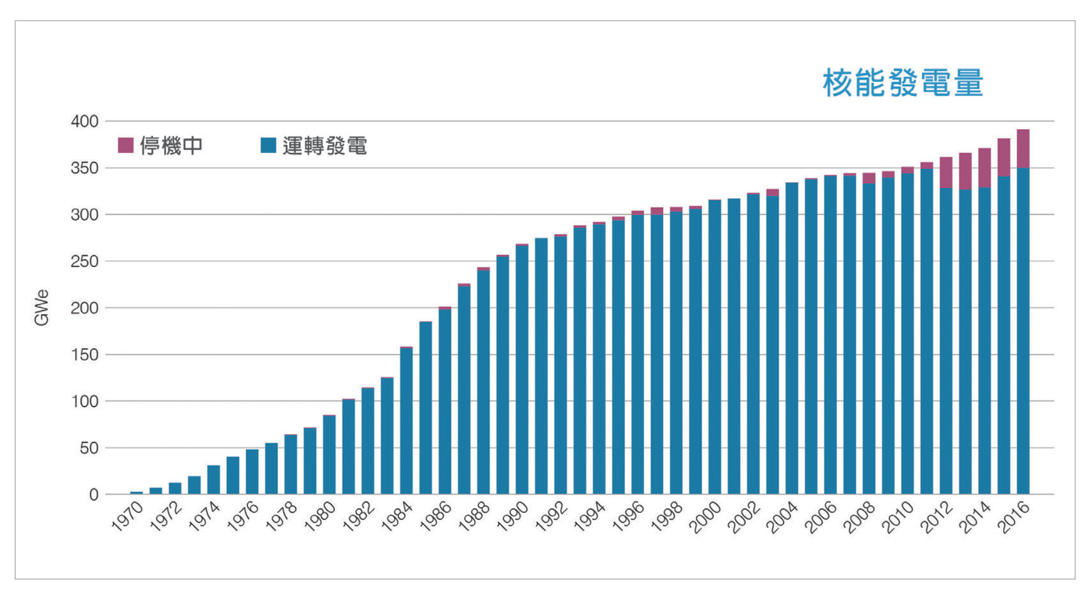


圖 9. 世界核能發電量變化圖

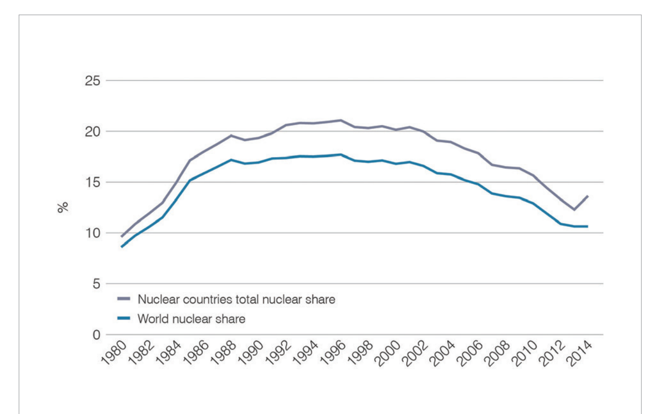
全球在 25 年內一共有 58 個新建的核電機組，分布在 18 個國家，如圖 8 所示。另外這 58 個機組分成 19 種設計，其中有 9 種是全新的設計，例如：位於中國浙江省三門縣的世界第一座 AP1000 核電廠於 2018 年 6 月已成功達到初次臨界，於 7 月開始發電併網。

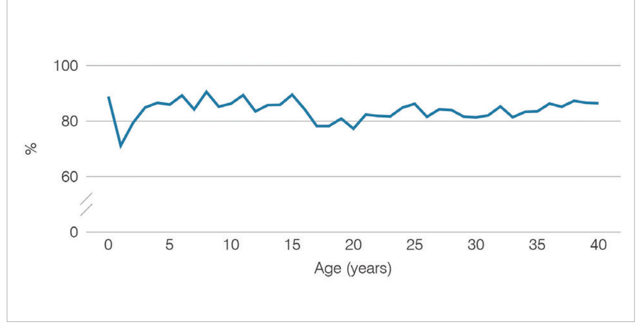
從圖 9 可見，世界核能發電量趨勢逐漸往上升，但是因為 2011 年的福島事故，有許多機組處於停機的狀態，所以實際的發電量減少了。芮欣女士認為，近年來全球開始重視減碳的議題，並訂出在 2050 年全球升溫要抑止在攝氏 2 度之內的目標，核電是重要的減碳方式之一，但卻在此時緩下了腳步。

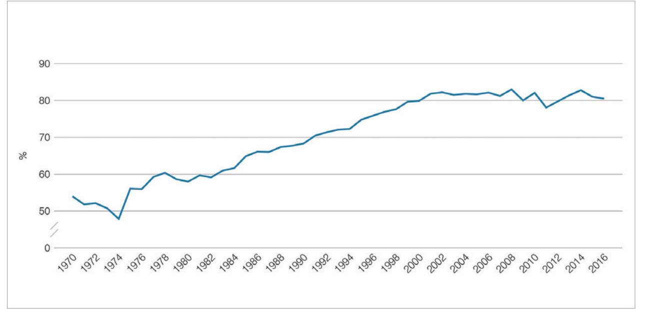
圖 10 是擁有核電的國家與全世界的核電占比圖，可以看出核電占比在 1995 左右達到高峰，雖然在這 20 年間發電量有小幅增加，但是用電量是大幅增加，導致核電占比快速下降。芮欣女士表示，核電是乾淨、可靠又便宜的能源，擁有核電的國家有責任將國內的核電占比提高至 50% 才對。

核電廠的年紀漸增，但表現沒較差

有些人對核電廠的印象是，越老舊就越危險。但事實並非如此，從芮欣女士提供的圖 11 可看出，核電廠只有前 3 年的容量因素較低，統計到 40 年幾乎都在 80% 以上，特別是 30 年以上的核電廠，反而容量因素是小幅上升。芮欣女士解釋，這是因為設備和組件不斷有先進的技術去更新，以及同業分享運轉經驗，運轉與管理部門都在不斷進







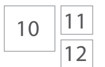


圖 10. 擁有核電的國家 (紫) 與全世界 (藍) 的核電占比。圖 11. 2007-2016 年核電廠年齡與平均容量因素之相應關係。 圖 12. 歷年全球核電廠平均容量因素變化圖。



圖 13-1. 瑞典用過核燃料貯存於水池中的處置情況 (圖片來源 : SKB)

步，所以使得核電廠並沒有因年紀越大就表現越差。

從圖 12 可見，全球核電廠平均容量因素從 70 年代開始就不斷上升，到 2000 年後就穩定維持在 80% 以上，只有在 2011 年受到日本福島事故的影響而下跌，但很快又回復水準。不過芮欣女士用很遺憾的語氣說，有些國家因為使用便宜的頁岩氣，或是將預算拿去補助太陽能和風力發電，導致有些核電廠的經濟效益變差而關閉，非常可惜。

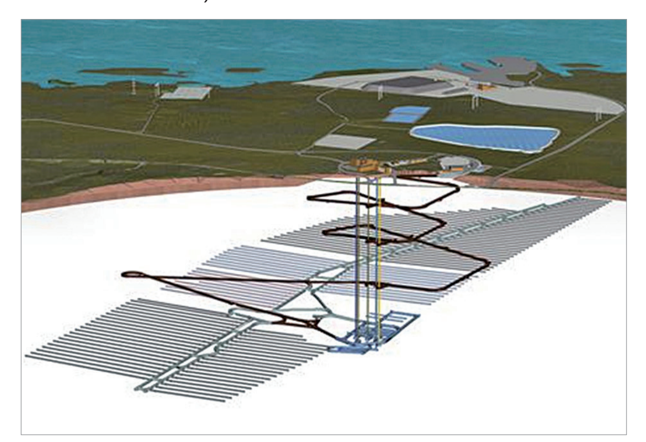
放射性廢棄物處置的現況

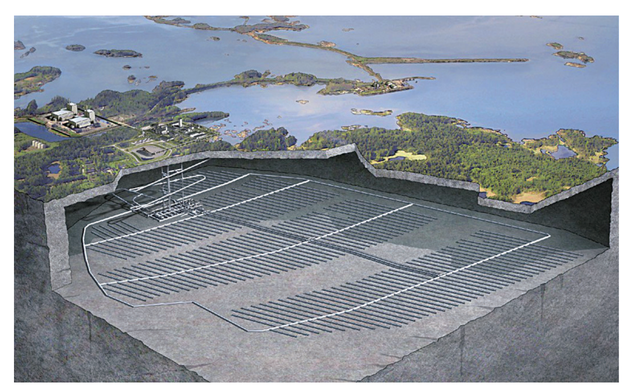
芮欣女士表示，核能產業處理與管理廢棄物上的責任感是遠超過其他發電方式，以及其他大多數的產業。如圖 13 所示，使用過的核燃料目前儲存在燃料池、乾式貯存系統，或是送去再處理利用；低放射性廢棄物也都儲存在處置場中。不像化石燃料的廢棄物會直接排到大氣中，造成溫室氣體、酸雨、PM2.5…等空氣汙染。

大家關心的高放射性廢棄物最終處置場，芬蘭在 2016 年開始興建全球第一座高放射性廢棄物最終處置場，在芬蘭西部海岸的歐基盧歐托 (Olkiluoto) 島擁有 20 億年歷史的火成岩，採取地下 400 公尺的深層處置，如圖 14 所示，預計在 2022 年啟用。

瑞典的高放射性廢棄物最終處置場有歐斯


圖 13-2. 低放射性廢棄物的處置情況 (圖片來源 : Posiva)


圖 14. 芬蘭的高放射性廢棄物最終處置場概要圖 (圖片來源 : Posiva)


圖 15. 瑞典的高放射性廢棄物最終處置場概要圖 (圖片來源 : SKB)

卡鄉 (Oskarshamn) 市和歐莎瑪 (Östhammar) 市這兩座候選場址，這兩市的民調結果都超過 7 成願意成為高放射性廢棄物最終處置場，最後選定在歐莎瑪市的佛斯馬克 (Forsmark)。用過核燃料將放在銅製貯存罐內，周圍再以緩衝材料 (膨潤土) 包覆，然後密封並放置在深約 500 公尺、力學及化學均安定的隧道中，如圖 15 所示，預計在 2029 年啟用。芮欣女士強調，花在國會作決策的時間很長，遠比施工興建時間還長，但是透過長時間的溝通可以增加民眾的支持，所以不要心急。

最後芮欣女士強調，擁有核電的國家有義務要把核電占比提升到 50%，因為核電的優點跟未來趨勢是相結合的。她相信要把核電占比提升到 50% 在技術上是可行的，我們需要的是更多的民眾溝通，以及客觀面對並兼顧各種發電的優勢，希望大家一同為地球的美好未來而努力。

(本文作者為清華大學工程與系統科學系研究助理，所有圖表來源為世界核能協會 WNA)





國際間核電機組除役費用規劃

文 編輯室

核電廠的「除役」指的是，核電機組自役期中退休，至終止該部機組執照的過程。核電機組除役的內容，除了屬於前置作業的除役規劃與申請，還涵蓋了廠內放射性污染的除污、反應爐與建築物的拆解、放射性物質的移除（至合適處置地點）、用過核燃料的中期與最終貯存、恢復廠址原貌並釋出等，所需要的花費比一般工業用工廠相對高出非常多，時間也較長，參與的機構橫跨政府與地方，持有核電機組的電力公司在整個過程中均需要對管制機構負有解釋的義務，直到除役程序結束為止。

由於核子設施除役的費用相對昂貴，除役成本也受除役計畫所影響，核子設施在開始除役之前就應準備好除役計畫與相關成本估算，國際間有些甚至在核電機組開始運轉、建設前就已完成該部機組的除役計畫與成本估算，而這些規劃在機組運轉期、機組停止運轉後的過渡期以及除役期間，都必須定期更新，以維持最新、最準確的版本。而除役計畫內容的具體要求，在法規中通常都有詳細的說明，具備國家立法的基礎。

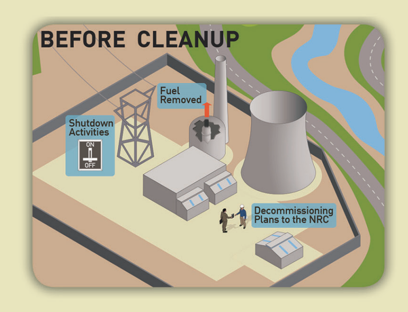
內容透明、具有支撐基礎的成本預估擁有多項重要功能，他們在除役策略[註1]選擇、除役成本效益評估，以及確保資金在需要時可足夠支付除役費用等方面，均提供了有效的依據與基礎，這些成本估算對正在進行中的資金籌募將會起非常大的作用。對政府來說，累積與支付這些金錢的時間較長才是政府關注的議題，因此，替相關的債務維持一項接近實際支出的估算，並確認隨著時間的進行來履行應負的責任，是非常重要的。

目前已有許多機構、組織，依不同的目的與用途來估算過除役成本，但結果通常因為以下條件而有所不同，例如除役策略的不同（較為常見的為即時除役與延後除役）、廢棄物管理可行的辦法、核子設施結束運轉時的預估狀況、花費細項的詳細定義、技術方面的不確定性、未預料到的情況、法規與需求的改變等，這些差異有很多是無法避免的，因為若要達到一定程度的準確與可靠性，只能透過逐個案例的「具體情況」來估算除役成本，簡單來說就是每個核電廠的情況不同，除役所需的花費當然會因此不同。

由於除役成本估算的格式、內容與實踐存有相當大的差異，導致我們很難去比較這些不同的估算結果，就算對於類型相似的核子設施也是如此。主要是因為除役成本估算的方式會依照不同國家的法律要求、習慣與以往慣例而有所差異，導致所選擇的除役策略、廠址的最終狀態 [註 2] 以及處理變數的方式也不會一樣。經濟合作暨發展組織核能署（OECD-NEA）建議應該就「國家除役成本估算」製作一個標準的匯報樣本，供國內與國際間進行比較，這樣有助於提升除役成本估算的透明度，並在估算的基礎上建立信心，現今各國對此也積極投入研究。

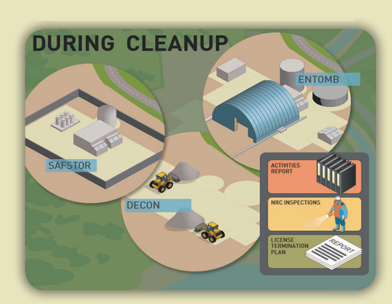
除役的成本估算必須以所選擇的除役策略與廠址的最終狀態為基礎，鑑於真正開始執行除役作業，通常都是在除役成本估算完成的數年後，相當於存有非常大的不確定性，特別是在電廠早期開始營運的階段。而除役的範圍包含了除汙、廢棄廠房與建築物的拆除、用過核燃料儲存或處置，以及廢棄物的管理、運輸與最終處置或長期貯存

美國核能管制委員會將除役分成三大階段：



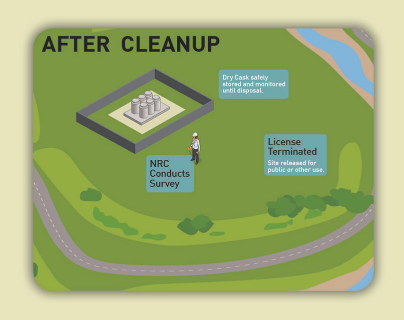
一、開始清理前工作：

1. 向管制機構提交除役計畫
2. 反應爐關閉
3. 燃料移除



二、清理期間主要除役工作：

1. 廠內依除役策略來進行清理
2. 向管制機構提交工作報告、管制機構檢測、提交執照終止申請



三、清理工作完成後：

1. 用過核燃料安全儲存於中期貯存設施並實行監控，直到進入最終處置場
2. 監管機構進行量測
3. 執照終止，廠址釋出

除役過程圖 (圖片來源 : 美國核能管制委員會 NRC)

對核電廠除役成本影響較大的因素

1. 預設廠址之最終狀態
2. 與廠址釋出相關的政策與法規
3. 除役範圍與成本估算是否包含（全部、部分、完全不含）廢棄物最終處置之費用
4. 是否要依照放射性調節處置，來將除役間所產生的廢棄物分類
5. 廢棄物處理的假設成本
6. 除役策略的選擇（反應爐安全貯存的時間）
7. 勞動假設成本
8. 社會與政治因素（如迅速除役的決定，或僅以非常嚴格的輻射劑量標準來釋出廠址）
9. 列入估算中的不確定性與在成本模型中的解決辦法
10. 反應爐種類與大小 *
11. 電廠的機組數量 *
12. 電廠運轉歷史 *
13. 廢棄物的容量 *

* 為有形的特徵
資料來源：OECD-NEA

等。但是，有些國家並沒有將用過核燃料與廢棄物的處理與處置列入除役成本規劃內。

根據核能署的相關文獻，為了可準確的估算除役成本，大多數國家對此都已成立相關的除役成本估算與呈報所必備之條件（即要求）。法律上對核電廠與其他商轉用核子設施的要求包含了除役計畫的準備以及相關成本的預估，該成本估算還需要定期更新，通常是每 3-5 年更新一次。

一般來說，國家所規定的要求可分成行政上（administrative）與實質上（substantive）兩個層面。實質性的要求一般與解釋成本估算的邊界條件（bounday conditions）以及假定情況（assumptions）有關，邊界條件的例子如估算的年份、廠區結束後可能的狀態、核子設施的特性與廢棄物清除的限制，以及預期性的除役活動等；假定情況的例子包括了核子設施的特性、設施運轉與拆除期間的過渡時期、廢棄物的處理、早期遺留廢棄物的安排、用過核燃料的處置、儲存與運輸，以及其他物質的管理等的「假設成本」。有關偶發性成本與勞動市場等的「假定情況」也須一同呈報。有些國家在實質性的要求中還規定了需使用「現值成本（present value cost）」與「應對成本上漲的方法」。

核能安全監管機構在除役計畫的審查與批准方面扮演著很重要的角色，在某些情況下甚至在除役的費用估算與資金籌募方面也是。有些監管單位會要求提供成本分析報告，或是評估除役技術替代方式的等同報告。定期檢視成本估算，加上與實際除役活動的花費做比較，可確保這些成本估算的品

質。由於除役所需時間較長，在得出首次的估算結果後，會依照除役計畫的時間表繼續以此執行持續數年甚至數十年的時間，因此定期地更新與審查實屬必要。

應用在除役成本估算發展上的方法有很多，大多數的國家，不管是依照法規或是電力公司自己的喜好，都採用一項內部連貫的正式會計結構來進行成本估算與呈報。國際間通常採用一項基於由核能署、國際原子能總署（IAEA）以及歐盟（EU）共同建立的一個統一的除役成本估算架構，將工作細分成多個項目，簡稱〈黃皮書（Yello Book）〉，或著使用其他等效的格式，但詳細估算的方式在各國間均有所差異。

許多國家把成本分成活動依賴性（activity-dependent）與期間依賴性（period-dependent）兩種，來構成估算的內容。這些經細分後的估算成本項目，可以把除役資金的運用分成數個不同的部分，來降低總體的不確定性。

此外，即使耗費了大量的精力來獲得可靠的成本估算數值，出乎預料的事件也可能導致所做的估算有誤。因此，如何準確地處理這些「不確定性」是一項重要的議題，這也導致在制定適當的資金相關條款方面，需要進行風險管理。在存有不確定性的背景下，就確保強而有力的成本估計而言，風險管理大都指的是在融資領域，而不是成本估算中的應急準備金。

所謂的「不確定性」指的是，計畫管控之外導致成本變動的原因，如匯率的波動、未預料到的通貨膨脹、管制法規的改變等。除

國際間沸水式反應爐除役費用估算

國家	核電廠	裝置容量（MWe gross）	總花費	
			百萬美金	平均每電功率之花費（USD/kWe）
除役策略：立即拆除				
德國	Germany_BWR	800	362	453
義大利	Caorso	882	480	544
	Garigliano	160	263	1,644
西班牙	Spain_ref. BWR	500	147	294
瑞典	Oskarshamn 3	1,200	124	104
瑞士	Leibstadt	1,200	344	282
	Muhleberg	372	178	479
除役策略：安全貯存（也稱延後拆除）				
日本	Tokai 2	1,100	436	396
芬蘭	Olkiluoto	870 x2	132	76
德國	Germany_BWR	800	375	369
荷蘭	Dodewarrd	58	133	2,300

資料來源：OECD-NEA, 2003

了不確定性之外，「偶發性」因素也是影響除役成本估算的另外一個重要概念。「偶發性」指的是定義好的一項計畫，其成本發生了潛在性的增加，發生這種情況的原因，通常是由於一些工作項目產生新的問題。但根據統計，過去所發生過的偶發性成本增加，整體來看僅落在 10-30% 的範圍。

根據核能署的相關文獻，有許多案例都是由具備執行除役工作所需技能，與資源的承包商來進行除役作業，利用承包商的方式相對也引進了其他的因素，這些因素將影響電廠持有者支付承包商執行除役作業的費用（此處指價格），主要的問題還是商業策略的選擇。目前可應用在除役作業的合約種類

國際間壓水式反應爐除役費用估算

國家	核電廠	裝置容量（MWe gross）	總花費	
			百萬美金	平均每電功率之花費（USD/kWe）
除役策略：立即拆除				
比利時	Doel 1-2	412 x2	280	340
	Tihange 1	1,009	213	212
德國	Germany_PWR	1,200	315	262
義大利	Trino	270	245	909
斯洛維尼亞	Krsko	707	332	479
南非	Koeberg	944 x2	317	168
西班牙	Spain_ref.PWR	1,000	166	166
瑞典	Ringhals 2	917	85	93
瑞士	Beznau [2 x380]	380 x2	259	341
	Gosgen	1,020	238	234
美國	Haddam Neck	587	452	769
	Maine Yankee	900	379	421
	Trojan	1,155	296	256
	Zion	1,085 x2	904	417
除役策略：安全貯存（也稱延後拆除）				
巴西	Angra 1	657	198	301
	Angra 2	1,350	240	178
法國	Average_PWR	1,070 x58	13,973	225
德國	Germany_PWR	1,200	331	276
日本	Tsuruga 2	1,160	470	405
荷蘭	Borssele	481	168	348
斯洛維尼亞	Krsko*	707	152	216

* 安全貯存了 80 年
資料來源：OECD-NEA, 2003

眾多，「最理想」的商業策略，則會因不同的除役計畫而有所差異，但主要會受到所涉及之風險，以及哪一方最有能力來管理這些風險所影響。由此可見，商業策略與風險管理，也是影響除役作業費用的主要因素。

總而言之，除役計畫的成本只能給予一個範圍內的數值，不應給予一個「中位數值」或是「平均值」。將特定除役工作細項的成本範圍進行基準對照，才可達到有效的成本比較結果，而不是以整個除役計畫相互比較其成本。我們也必須進一步考慮到，除役計畫的成本，也會因為同一個廠區的設施數量或拆除數量，以及先前的除役工作獲得的經驗程度，而有所不同。盡量避免計畫範圍的改變，在規劃階段就應確定監管法規的標準，以避免延誤，準確地替土壤與材料的特性進行檢測，才是確保除役成本的規畫更為穩定與精確的重點。

註 1：除役策略有 3 種，分別為 A. 立即拆除—即反應爐關閉後，立即替含有放射性物質的設備與建築，進行除汙與解體拆除、B. 安全貯存—即反應爐關閉後，進入一段「安全貯存」的時間，待設施內的放射性物質在監管下自行衰變後，再進行除汙與解體拆除，也稱「延後拆除」，C. 就地掩埋—將受放射性污染之反應爐，永久分存於混凝土等結構體中，不需分解爐體，也稱作「長期封存」。

註 2：電廠除役後廠址的最終狀態一般最常見的即是「綠地」，即將場地釋出作公眾無限制使用，其他的狀態有：某些設施仍需長期來管理、廠址供工業或核工業重複使用（如燃氣發電廠、生質柴油生產設施）等。



參考資料：

1. U.S. NRC. “Decommissioning Nuclear Power Plants.”
2. OECD-NEA. “Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants.”
3. OECD-NEA. “Estimation of Nuclear Facility Decommissioning Costs.”
4. OECD-NEA. “Cost Estimation for Decommissioning.”
5. OECD-NEA. “Decommissioning Nuclear Power Plants.”

除役現場的甘苦談

311 事故後一位轉職者的心路歷程

譯 **劉振乾**



福島事故已經過 7 年多，在事故後艱難的環境中，如何篳路藍縷一步一腳印地撐過來，少見有中文的報導。本文將提供當事者回憶而勾畫出當時情景，作為歷史紀錄的一部分。也可以窺見除役作業的重點在哪裡，做為未來台灣除役作業參考。台灣在正常狀況下除役的電廠，相對而言較簡單；即使是福島一廠這般艱困的除役作業也能集眾人的智慧加以克服，可見核一、核二廠的除役作業必能安全順利進行。

出事的福島一廠位於雙葉町以及大熊町，如今福島一廠除役現場每天有 6,000 人工作。其中的 750 人就住在大熊町東京電力公司的員工宿舍裡。有 4,000 名除役人員則住在福島縣的廣野町。原本廣野町的居民約 4,900 人，也就是「新住民」的數目已接近「舊住民」。

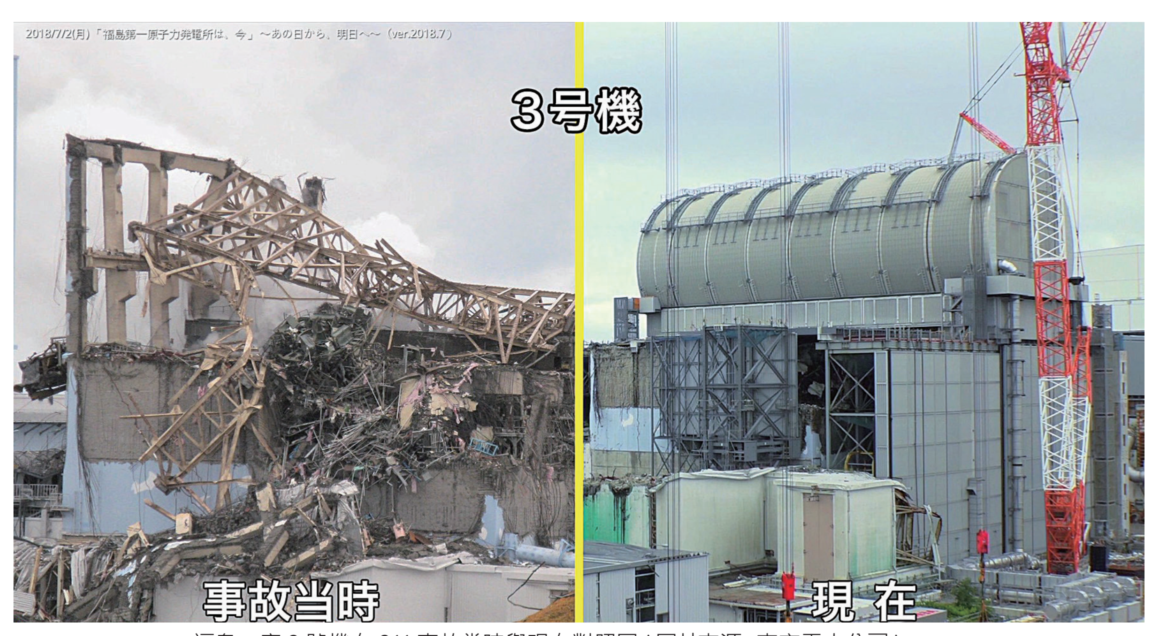
日本觀光廳所做 2017 年到東北六縣宿泊的外國觀光客比 2016 年多出 40%，達到 101 萬人。以就業員工超過 10 人以上的宿泊設施而言，福島縣 2017 年外國宿泊者的人數超過 311 震災前 2010 年的人數。福島縣觀光交流課的負責人說：「我們針對台灣、泰國等 4 個地區下功夫，有了很好的宣傳成效。」台灣人很多訪問過福島縣，打了日本反核大將小出裕章一個耳光。

轉職者的心聲

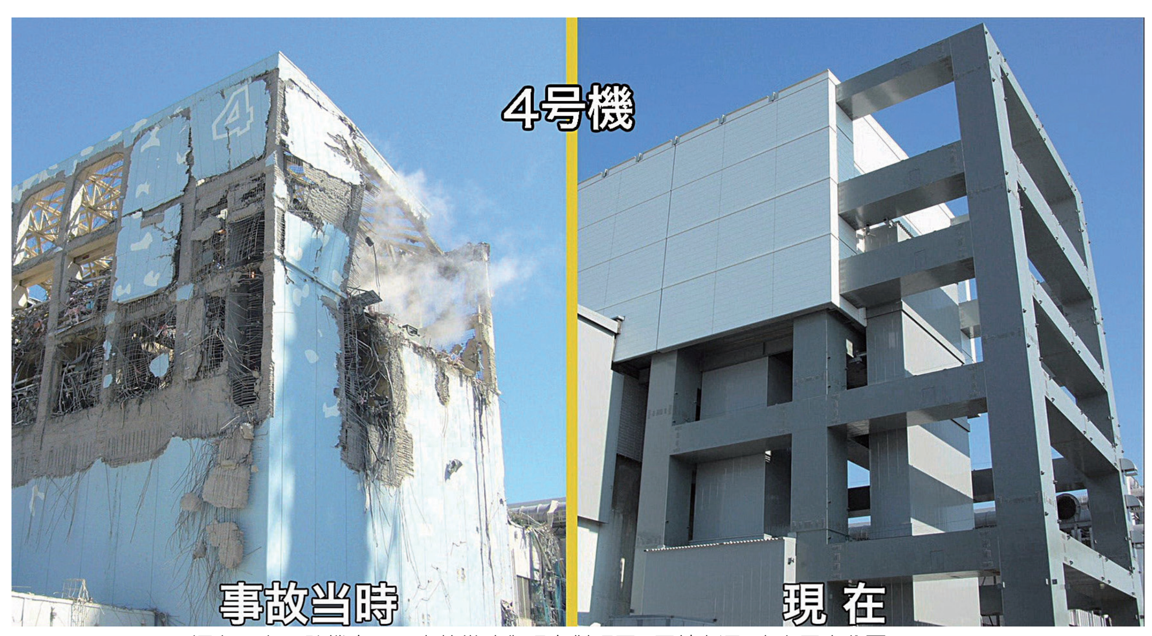
東京電力公司福島二廠位於福島縣富岡町。從 2017 年 10 月 21 日重新開通的常磐線的新富岡火車站走路約 15 分鐘，有 3 棟房子比鄰而建，分別模仿愛迪生、愛因斯坦、居里夫人的住家。這裡在 311 事故前是福島二廠的展示館，如今化身為記者會的現場，同時也是 311 事故後已經招待約 4 萬名民眾參觀福島一廠的「報到地點」。

2017 年 4 月，非小說作家稻泉連來到此地報到並搭上東京電力的巴士，當天有 3 次的參觀行程。舊展示館的旁邊有當地唯一的商業設施「Sakura Mall」，裡面擠滿了從事除役工作的顧客。

巴士由國道 6 號線駛向福島一廠，通過警察的檢查哨，不久就看到福島一廠的新辦公



福島一廠 3 號機在 311 事故當時與現在對照圖 (圖片來源：東京電力公司)



福島一廠 4 號機在 311 事故當時與現在對照圖 (圖片來源：東京電力公司)

廳。這裡每天有約 6,000 人從事除役工作，其中約 1,000 人為東京電力的員工。稻泉先生來此的目的是拜訪一位 30 多歲在 311 事故後從別家公司跳槽到東京電力服務的為我井成一先生。為我井在 2016 年 11 月被錄取，2017 年 1 月分發到福島一廠。他在大學主修的是建築，因此一直在一家營建管理公司服務。營建管理公司就是在工程現場負責協調承包商 (主包) 的營造廠與很多家建設公司之間的工作，每次變更工程現場就要隨之到任，因此走遍日本全國的工程現場。

為我井之所以想到要跳槽，直接的原因是當了爸爸，不想再奔波，離開家庭 (太太住在千葉縣)。想到往後十幾年還要過如此浮萍般流離失所的生活，就受不了了。為我井負責督導 4 號機的反應爐間、由於海嘯受災的車輛的拆除作業、3 號機周邊的瓦礫撤除與鋪裝工程。

為我井在新辦公廳一樓的小會議室裡如此說 :「一開始對於在這裡工作感到有點不安。不過除役工作一定要有人做才行。如果我的經驗在這裡能夠對別人有幫助，那一定能夠幹得有聲有色」。

大熊町的東電員工宿舍

福島一廠位於大熊町，而大熊町的大川原地區仍舊屬於「居住限制地區」，也就是白天不受限制，但是晚上不能外出的地區。蓋在此地的公司員工宿舍是 2016 年夏天才完工的，宿舍區的入口處則有開放給外界人士的「大熊食堂」。此區為單身宿舍，一共住著 750 位東電員工，兩層樓的建築，周圍種植著闊葉樹，如果不事先說明，還以為是哪一家建設公司在郊外開發的摩登又安靜的高級住宅區。每個人有 3 坪大的套房，為我井由於室內沒有裝電視，下班後只能在

室內做做運動打發時間，周休二日則回到千葉縣的家裡。雖然無法每天下班後就回家，但是比起以前好幾個月才能回家一次好得多了。

稻泉先生之所以想採訪 311 後進入東電的員工，就是想知道他們是如何目擊與體驗在核電廠持續進行除役工作的現場。

為我井說：「我被除役這工作的強烈社會意義所吸引，當然對於蓋大樓或是工廠等工作也會覺得有幹勁。在空無一物的地方有新建築物落成的那一刻，心中是充滿喜悅的，但是在這種環境做久了以後，漸漸厭倦於整天必須控制成本、想辦法賺錢。因此，發覺自己真正想做的也許就是如除役工作一般有社會意義的工作。」

為我井通常 6 點半起床，搭乘 7 點開的交通車巴士上班，8 點前會抵達福島一廠的新辦公廳，晚上最晚會搭上 8 點 50 分開往大熊員工宿舍的巴士。晚上在「大熊食堂」喝酒的時候，有時同事會聊到大熊員工宿舍未完工前的住宿生活，因此他更不敢開口說出對現今生活感到的不便。

在 2016 年 12 月之前，東電的員工居住區在橫跨廣野町與楢葉町的「J-Village」，是由東電出資興建的大型足球運動場場址內的組合式建築。東電所屬的除役公司，從董事們到一般員工，都一視同仁的住在組合式建築住宅內，每人空間是 2 坪大。同事說：「過去真夠辛苦，洗澡與洗手間都要走很遠，隔音又不好，隔壁房間吃玉米片的聲音都聽得到。」對於這些員工來說，大熊員工宿舍的竣工可是天大的喜事。

感受到做出貢獻的工作

為我井負責的工作是督導 3、4 號機建築物前、靠海側的瓦礫刮除與重新鋪裝工程，稱之為「Facing」作業。此作業是將地面上的高輻射的瓦礫土刮除後，鋪上碎石、澆置新的水泥漿，再鋪裝。目的是為了防止下雨將地表的放射性物質滲入土壤中。實際作業由日本 4 大營造業公司之一的大成建設承包，東電負責計畫與管理此工程。

電廠廠址內以輻射劑量的高低區分為「G-Zone」與「Y-Zone」。為我井的第一



工作人員全副武裝在福島一廠 2 號機組內供電室 (來源：東京電力公司)



東京電力公司 J-Village

個現場是「Y-Zone」，必須穿上化學防護服裝且配戴全面或是半面的口罩。由新辦公廳搭乘巴士到免震辦公廳，在那裡穿著雙重的手套與襪子後，將化學防護服裝的空隙以塑膠帶封住。準備妥當後再搭乘汽車，在車內換穿長筒鞋後就可以下車到現場。

為我井在 311 事故發生後的第 2 個月曾經駕車去岩手縣的三陸沿岸，當時目睹海嘯帶來的嚴重災情，心有戚戚焉。當他 2017 年 1 月第一次看到福島一廠海邊的情景時，就好像回到 311 時的岩手縣。為我井說：「就好像時光倒流，並且在這裡又是裝備在身。一旦穿上，2 小時內連水都無法喝上一口。想到 6 年多來，在這現場有許多人如此撐過，就感到真的是來到不得了的地方。」這也是選擇進入東電工作的為我井與自己對峙的真實的瞬間。

跟曝露劑量的戰鬥

為我井在這裡感受到「Facing」作業對於除役工作的三大重要性。第一是不讓雨水滲入地下，擴大汙染。第二是透過刮除高輻射劑量的瓦礫降低廠區輻射劑量，使人員可以從事長時間的勞動，將「Y-Zone」改善到「G-Zone」的狀況。「G-Zone」的標準裝備是一般作業服裝：安全帽、手套、襪子、可丟棄式防塵口罩。因此「裝備一身輕」，如此一來在作業的效率與安全上有很大貢獻。第三是可以在靠海側的有限空間創造出可以放置資材的平坦土地。

為我井感受到在今後長達 40 年的除役作業裡，自己的工作確實發揮了小小的功用而有一種成就感。他說：「我的現場多的是 40 歲到 50 歲的監督者與作業員，大家都是熱血漢子般的好人，他們真的是『工作量超過所值』的英雄們，我從他們身上學到很多。」

稻泉先生從為我井的合作者—大成建設「福島震災支援計畫作業所」的副主任大井克朋以及工地主任間島一聰那裏獲得很多以

前的訊息。這兩位都是 45 歲的漢子，大井回顧說：「為我井先生來的 2017 年 1 月的時候，現場還是必須戴全面口罩才能作業的地方。但是與以前相比，現在的作業環境已經改善了很多。」

2013 年大成建設開始靠海側的「Facing」作業，當時還有很多高輻射劑量的瓦礫，作業時規定必須穿有鉛的服裝。這種服裝最重的 20 公斤，最輕的 10 公斤，只要稍微工作就會上氣不接下氣，而工作中當然無法補充水分，因此在夏天酷暑時是一大考驗。

當時刮除瓦礫是從深夜零時開始。由於要動用大型重機具必須封路，因此只有這段時間才能施工。大井先生說：「這項工作目前仍然如此，而最難搞定的就是降低輻射劑量對策。包含我個人在內，能夠抑制多少作業員的曝露？ 2013 年的時候，要使用將運轉員座位以鉛圍住的遮蔽堆高機，以及貨櫃搬運，如何在規定時間內完成作業也必須好好規劃。」

而福島出身的作業員們富有「獻身感」，即使口袋裡的 APD(有警報的口袋型輻射劑量計) 的警報已響，「還要再做一下下」地仍然持續作業。這時大井與工地主任間島一聽就必須以擴聲器喊叫「某某先生請回來」。

大井說：「一次只能做 3 分鐘的作業，分成 4 個班去輪。作業員們就是拼命做，『今天已經有 3 次呼叫聲』的作業員，仍然會奮不顧身的上去『前線』」。

就是這種「為民除害」的精神，才造就了目前比較舒適的工作環境。大成建設公司的內規是「5 年累積不得超過 80 毫西弗」。間島本人在 2013 年一年內，其累積劑量就接近 80 毫西弗，只好調到後方的工程，負責大型休息所的建設。

作業的障礙來自多方面，例如挖開後才發現的配管與配線，這時他們對於東電監工人員的期待是，和水處理或是電氣的相關人員依據配管的處理方式協商決定，迅速處理。



刮除福島一廠廠區表土進行除汙作業 (圖片來源：Daily Mail)



福島電廠除汙人員進行 Facing 作業 (圖片來源：the Paper)

大井先生說：「就這一點來說，由於為我井先生的現場經驗豐富，幫了我們不少忙。」

BROKK 公司的無人機

間島主任是在 2011 年 5 月調到福島一廠工作，第一個工作是撤除 3 號機廠房靠山側入口前面的瓦礫。大成建設的核能部門緊急採購瑞典的 BROKK 公司的解體用小型重機，這是使用於車諾比核電廠的遙控無人機，具有如螃蟹一般的多隻腳。為了操作這部機器，間島先在大成建設的子公司「成和 Renewal Works」的研修中心受訓，然後連同這部機器一起進駐核電廠。

「在 J-Village 穿上泰貝克 (杜邦公司出品的化學防護衣的商品名稱)，掛上全面口罩後，經過福島二廠駛往福島一廠。快到廠房時，心中感受『我來到戰場嗎？』倒塌的鋼骨穿過建築物，槽上掛著汽車，就好像飛彈轟炸後的遍地瓦礫。當我看到周圍有好幾條被打上岸的魚，已經呈現乾焦的狀態時，才意識到這一切竟是海嘯造成的！」

間島他們在 4 號機前面設置了以 10 公分厚的鉛板團團圍住的指揮室，看著攝像機的影像遙控 BROKK 公司的無人重機。

「當時帶著 5 毫西弗的 APD，如果因為機械出了一點小毛病而下了車，或是去照現場的照片，APD 就馬上會發出警報聲。因為當時做的是以遮蔽型堆高機將數百毫西弗或是 1,000 毫西弗的瓦礫加以清除的作業。」

間島的團隊曾經在無人重機前方裝上強力的磁鐵，將 3 號機廠房附近的鋼板取回。就這樣，他們靠著現場的討論，想出新點子，將各式各樣的難題一一加以解決。

在 2017 年 2 月到現場報到投入工作的為我井所面對的這一群人，正是經歷過上述種種艱辛的好漢們。

間島與大井，藉著機會教育，向不知道震災剛發生時嚴重狀況的為我井，講出自己的體驗。歷史的傳承有助於為我井珍惜目前已經改善很多的環境，度過了轉職後的第一年。如今他將轉到另一工作崗位，參與固體廢棄物儲存庫的設計。

他談到如今的心境：「剛開始有點不安，現在則認為轉職的選擇是對的。這工作的目標很清楚，在現場的每一個人都朝著同一方向前進。以『Facing』作業來說，它本身是簡單的，不過其中的每一項都朝著最終的目標前進，這讓自己在工作上感受到『意義』，也連接到成就感。」

一山又過一山，歲月的痕跡在除役現場，帶給每一個曾經從事這工作的人們，難忘又深刻的印象。而傳承這些，正是告知人們：「即使再大的困難，只要假以時日，終究可以克服。」



東京電力員工正準備從 J-Village 出發前往現場 (圖片來源：東京電力公司)

參考資料：

1. 稻泉連，《稱為除役的工作》之一：事故後的東電「轉職者」，新潮 45，2018 年 3 月號，p.138-149
2. 稻泉連，《稱為除役的工作》之二：事故後的東電「新進員工」，新潮 45，2018 年 4 月號，p.184-198
3. 稻泉連，《稱為除役的工作》之三：「加害企業」如何錄取員工，新潮 45，2018 年 5 月號，p.196-207



輔助治療癌症和抑鬱症的香料－薑黃素

文 編輯室

發表於〈營養與癌症期刊 (Nutrition and Cancer)〉的研究指出，薑黃素會增加結腸癌腫瘤細胞對化療藥物的敏感度，進而增加效果，並可減少 DNA 損傷 (DNA 的損傷有可能導致癌症)。這個發現可能是抗癌大戰中的利器，顯著提升那些對化療效果不佳或產生抗藥性之患者的化療效果，這不單只對初期產生抗藥性的癌症患者有效，對已發展為多重抗藥性的患者也有效。

針對抑鬱症，2014 年發表於〈植物療法期刊 (Phytotherapy research)〉的研究，同時給予有心理健康障礙的受試者薑黃素及百憂解，或僅給予薑黃素或百憂解，觀察 6 週的結果發現：

1. 同時給予患者薑黃素及百憂解，其中有 80% 有成效。
2. 僅給予薑黃素的患者，與僅給予百憂解的患者的成效相當。
3. 研究人員懷疑薑黃素的抗氧化及抗發炎特性對癌症或抑鬱症有好處。

切斷迷走神經，可能可以預防帕金森氏症

帕金森氏症是一種神經退化性疾病，每 1,000 人中就有 1 人受此病所苦。

丹麥奧胡斯大學與奧胡斯醫院發表的新研究發現，帕金森氏症可能起因於腸胃道 – 腸溶性嗜神經病原體藉由迷走神經影響大腦。

研究人員將此研究結果發表於〈神經學年鑑 (Annals of Neurology)〉上，研究中發現帕金森氏症的患者，在發病前都有一些腸胃道的症狀，通常是多年的習慣性便祕，而這可能可以做為確診前的早期指標。

追蹤 15,000 名因潰瘍而切斷迷走神經的患者，發現其中將胃迷走神經完全切斷的病患，在 20 年內罹患帕金森氏症者只有常人的一半，但只有將部分胃迷走神經切斷的患者，則罹患帕金森氏症的機率與常人相同。

胃迷走神經切除手術在 1970–1995 年是一種普遍用來治療潰瘍的方法。研究人員表示，如果帕金森氏症真的起因於腸道，並藉由迷走神經影響腦部，那麼進行迷走神經切斷術，則可能防止帕金森氏症的發展。

長時間坐著，會引起焦慮

最新的研究顯示，一天之中花太多的時間坐著，會讓人感到焦慮。

研究人員表示，這不能直接證實久坐在電視機或電腦前會引起焦慮，但有趣的是，有焦慮傾向的人傾向久坐不動；花太多的時間坐著不動，對精神方面的健康狀況也是有可能造成不好的影響。但長時間坐著和焦慮之間的相關聯性，仍需要再深入的探討。

這項綜論性研究刊載於〈BMC 公共衛生期刊 (BMC Public Health)〉上，這項研究中綜合了 9 篇不同的國際研究期刊內容， 結果發現，這些觀察對象每天坐著的時間越長，焦慮的風險越高。

通常我們坐著的時候往往和用電腦、看電視、滑手機等脫不了關係，這樣的狀況越頻繁，越是與焦慮症狀相關。

加拿大有一篇結合了 47 份研究的綜論研究，闡明了久坐和身體疾病的關聯性。研究發現每天長時間的坐著，其心臟疾病、糖尿病、癌症以及過早死亡的機率明顯增加。

因此，建議大家每天應該提醒自己多起身走走，或者站著、做做伸展運動。

(以上資訊由喜悅健康診所提供)



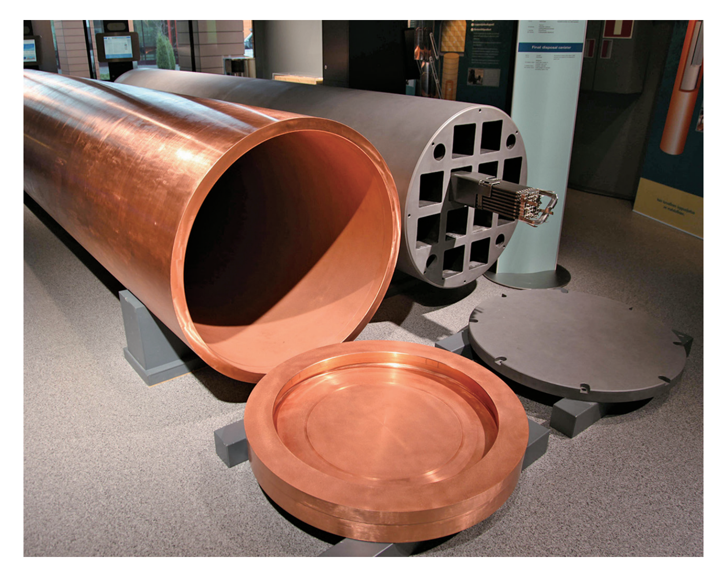
芬蘭 高放射性廢棄物最終處置場將全面測試

譯 編輯室

芬蘭放射性廢棄物管理公司泊希瓦(Posiva)宣布,將在處置場場址歐基盧歐圖(Olkiluoto)地下實驗性設施昂克洛(Onkalo),對用過核燃料最終處置開始全面的測試,來驗證處置流程是否能依照計畫進行,這也是這座目前處於建設中的最終處置設施,是否能獲准營運的關鍵。

泊希瓦公司這座位於歐基盧歐圖附近的最終處置場,於 2000 年時被選為芬蘭高放射性廢棄物最終處置場場址,芬蘭國會也於隔年通過該處置場建設計畫。由芬蘭兩間核電公司 Fortum 與 Teollisuuden Voima Oyj 共同持有的泊希瓦公司,在 2013 年底向芬蘭經濟部提出處置場建築許可申請,政府也於 2015 年 11 月頒布建築許可,處置場建設工程於隔年 2016 年開始,但泊希瓦公司仍需取得處置場運轉許可,預計於 2023 年開始營運。

泊希瓦公司於近期宣布,將於季夏開始處置場全面系統測試(FISST),測試內容為確保裝有用過核燃料容器貯存於地下隧道處置窖內,以及使用膨潤土回填處置隧道、鋼筋混凝土將其密封等的情形。這次的測試將在地下約 420 公尺處、一座 50 公尺長的隧道放置兩個裝有加熱元件的測試罐(來模擬用過核燃料所散發的餘熱),並使用大約 500 個感應器來監測地下隧道中的情況。



用過核燃料在地面以圖中特殊銅鋼罐完成封裝後,移至 400-450 公尺深的處置場地下通道,放入周圍有朋潤土作為緩衝層的處置窖中。(圖片來源:Posiva)

泊希瓦公司自 2017 年底以來,一直積極準備這項史無前例的測試,測試中所用到的設備樣品也都是泊希瓦公司自行生產的,且都已完成相關檢測。在完成 FISST 測試之後,泊希瓦公司將進行進一步的綜合系統測試,即在不需要放入用過核燃料的情況下進行最終處置操作測試,這也將為最終處置各個階段提供更進一步的訊息,綜合系統測試的相關研究工作預計於 2022 年開始。泊希瓦公司已於 2017 年 4 月在昂克洛鑽探一個深 420 公尺的導孔,預計將把用過核燃料儲存在這個深度。

資料來源:
World Nuclear News. "Full-scale tests to start soon at Finnish repository."

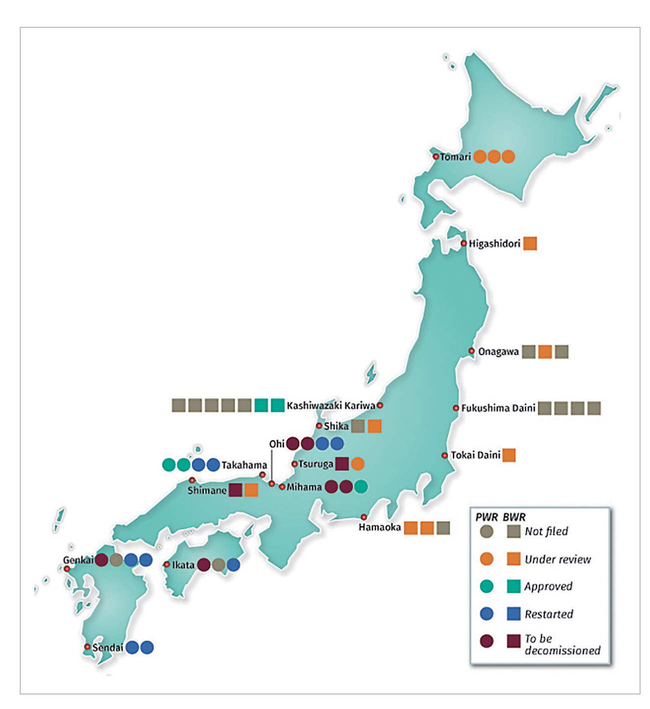
日本
玄海核電廠 4 號機開始供電

譯 **編輯室**

位於日本南部佐賀縣、由九州電力公司所營運的玄海核電廠，廠內 4 號機已在今（2018）年 6 月 16 日下午 2 點恢復供電，為日本繼 311 福島事故後第 9 座重啟運轉的核電機組。這部 118 萬瓩的壓水式反應爐，預計將在 7 月中重新投入商轉。九州電力公司表示，近期將逐漸提高發電機的輸出功率，並觀察反應爐在各階段的狀況，也強調未來將依照日本原子力規制委員會（NRA）的規範來執行後期的工作，並把核能安全視為首要。

九州電力公司在 2013 年即向原子能規制委員會提出重啟玄海核電廠 3、4 號機組的申請，這兩部機組分別自 2010 年 12 月與 2011 年 12 月即停止運轉。原子力規制委員會於去年 1 月宣布這兩部 118 萬瓩的反應爐通過新制核安審查，佐賀縣議會也對此表示支持，佐賀縣知事隨即於 3 個月後同意重啟這兩部機組。

在原子力規制委員會對機組完成運轉前檢測後，九州電力公司於去年 2 月中開始向 3 號機爐心上載燃料，並於 3 月底開始反應爐重啟程序，機組於 4 月中開始供電，5 月中正式投入商業運轉。



日本繼福島事故後至今已重啟第 9 座核電機組 (圖片來源 : Nuclear Engineering International)

玄海 4 號機為日本通過原子力規制委員會新制審查並恢復運轉的第 9 部核電機組，其他 8 座分別為：九州電力公司川內核電廠 1-2 號機與玄海 3 號機、四國電力公司伊方核電廠 3 號機、關西電力公司高浜核電廠 3-4 號機與大飯核電廠 3-4 號機；另外還有 16 部已向原子力規制委員會申請重啟，這其中已有 5 部通過新制核安審查。

資料來源 :

1. World Nuclear News. “Genkai unit 4 supplying power again.”
2. Nuclear Engineering International. “Japan restarts Genkai 4.”

韓國
再度關閉國內老舊核電機組

譯 編輯室

韓國水力核能電力公司（KHNP）於今年6月15日宣布，月城核電廠1號機將在運轉年限2020年到期前提早關閉，另外也將一併取消新建4部核電機組的計畫。KHNP這次的動作符合韓國新政府的逐步廢核政策，月城1號機也是韓國繼古里核電廠1號機後所關閉的第二部核電機組。

KHNP表示，提前關閉月城1號機是在最近一次的公司董事會議中所決定，由於持續運轉該部機組在未來是否能維持經濟效益抱持疑問，加上最近該部機組運轉的低績效，KHNP將致力於提前關閉該部機組的流程。

在2017年的韓國總統大選期間，現任總統文在寅為當時7名候選人中簽署「逐步減核共同政策協議」的其中一位。在2017年6月古里1號機的結束運轉儀式上，文在寅簡略的介紹國家將逐步去除核電的計畫：除了現有機組不會延役之外，也將停止興建新機組。KHNP執行長告訴《韓國時報》，由於國家能源政策的轉變，他們已多次評估了月城核電廠各部機組的運轉計畫，最終得出「若1號機在更為嚴格的監管要求下進行運轉，將不具有經濟效益」的結論。

在古里1號機關閉後，月城1號機成為韓國現役中運轉年齡最長的核電機組，該部機組最初於1983年開始商轉，在2009年4月時曾暫停運轉進行大修，更換管線，並於2011年7月重新投入運轉，裝置容量從62.9萬瓩提升至65.7萬瓩，2012年底由於運轉執照到期而停止運轉。韓國核能安全與安保委員會（NSSC）於2015年2月批准該部機組延役至2022年11月，該部機組也在4個月後重啟，並於2018年5月再次停止運轉，進行例行性維護工作。

除了提早關閉月城1號機，KHNP董事會也決定將取消4部新機組的建設計畫，其中2部原預計建於韓國東部慶尚北道的Cheonji核電廠，另外兩部則預計建於Cheonji核電廠位於東部江原道的Daejin。KHNP執行長表示，終止興建新機組計畫可消除公司管理方面的不確定性，也可恢復與當地居民平穩的關係。但根據《韓國時報》報導，此次的決定預計將對韓國出口核電帶來負面的影響，對國內核工業生態也將造成不小的傷害，電價的上漲更是無法避免。

韓國現有24部機組仍在運轉中，總裝置容量22.5百萬瓩，為國內提供近1/3的電力，目前有2部機組建設中。韓國政府已承諾將廢除新建核電機組計畫，且不會延長現有機組的運轉年限，預計核電機組數目將從現在的24部，至2038年時降至14部。

資料來源：
1. World Nuclear News. “Early closure for Korea’s oldest operating reactor.”
2. Nuclear Engineering International. “South Korean phase out my impact exports.”

美國國家實驗室
成功自海水萃取出粉狀鈾

譯 編輯室

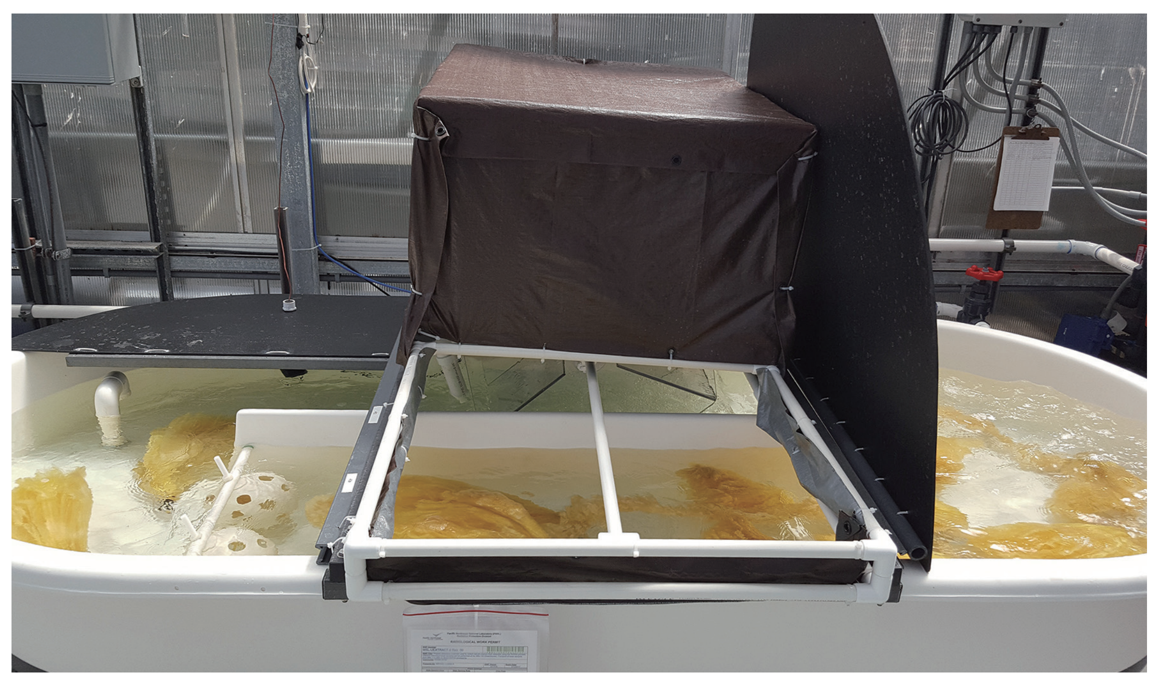


外觀似香蕉的丙烯酸纖維濾網(圖片來源:PNNL)

美國西北太平洋國家實驗室(PNNL)研究員與LCW超臨界流體科技公司(LCW Supercritical Technologies)合作，使用丙烯酸纖維(acrylic fiber)製成的濾網，首次自海水中成功提取黃餅(yellowcake)—即一種用於生產核能發電燃料的粉末狀鈾。研究小組表示，該技術所用到的材料廉價，未來可在成本上與陸上鈾礦開採互相競爭。

所使用的材料丙烯酸纖維是由位於美國愛達華州的LCW公司，在獲得美國能源部的支持下所開發。PNNL與LCW公司使用新的過濾方式，使用丙烯酸纖維製成的濾網從海水中萃取鈾，這種材料耐用、可重複使用，加上該種材料的吸附性是可反轉的，萃取出的鈾可輕易獲得並加工成粉狀鈾。

研究小組在PNNL位於華盛頓州海洋科學實驗室旁邊的海灣，使用海水進行了3次獨立的測試，在模擬開放式海洋的環境條件下，把重1公斤、外觀像香蕉的丙烯酸纖維濾網放入水缸中一個月，利用不斷地打入海水來模擬波浪循環流經濾網。而隨著海水的流動，濾網上的纖維就會把海水內的鈾吸



研究小組在模擬公海的環境下，成功使用丙烯酸纖維濾網自海水中萃取出鈾 (圖片來源 : PNNL)

附到分子上以方便提取，之後再由 LCW 公司將鈾萃取出來，獲得大約 5 公克的鈾。PNNL 研究人員吉爾（Gary Gill）表示，「5 公克或許聽起來不多，但若將其相加起來看就可能變得相當可觀」，也表明了這項方法非常具有商業吸引力，是一個非常重要的里程碑。

LCW 公司總裁魏建謨教授指出，這種可吸附的材質成本低廉，甚至可使用廢棄紗線來生產，所利用的纖維還可用於環境清理，以及從海水提取其他種類的金屬，如釩。LCW 公司現在正為了與 PNNL 合作，在墨西哥灣進行示範性海水萃取鈾以申請資金，由於這種材質在暖水中的吸附能力表現要更好，預計在墨西哥灣示範性實驗中的萃取速度，將是目前結果的 3-5 倍，可進一步提高此萃取方式的經濟效益。

海水中除了鹽之外，還含有硫酸鹽、鎂、鉀、溴化物、氟化物、金與鈾，平均每公升海水中含有 3 微克的（0.003 公克）的鈾，看起來量相當稀少，但若從整個海洋的大小來看，估計海洋中鈾的總體積將比陸地上的鈾礦多出 500 倍—相當於有 40 億噸，足以供 1,000 座 1 百萬瓩的反應爐運轉 10 萬年。

此外，海水中的鈾含量有著「假平衡狀態（pseudo-equilibrium）」的特性，只要海水中的鈾蘊含量維持著現有的水平，海水就不會再吸收任何來自海床岩石中的鈾；相反的，若大規模的在海水中開採鈾，導致海水中鈾的濃度下降，海床岩石就會滲出更多的鈾，直到海水維持含量平衡。由此可見，海洋在未來極可能是鈾礦的重要來源，目前日本與中國也都積極研究如何從海水中萃取鈾的方法。

根據天下雜誌報導，「超臨界流體技術」最早為德國人所研發，這項被稱作「綠色乾淨製程」的科技，把物質的壓力、溫度提高，使存在於自然環境中無毒的氣體狀二氧化碳超過臨界而轉化成流體狀態（即類似液態的流動性，但仍保有氣態的特徵），變得有能力穿透有機體。這種技術主要應用在有機萃取方面，如咖啡中咖啡因的去除、中藥與香水等貴重成分的萃取等。

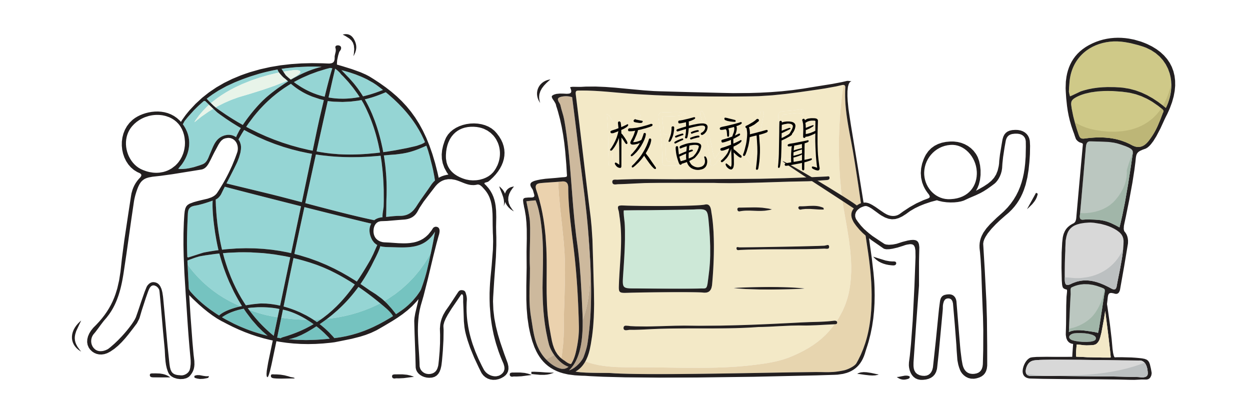
但是，流體狀態的二氧化碳只能穿透有機物質，並無法穿透金屬，而 LCW 公司首創將該技術應用於固體（無機物）金屬物質的回收，在二氧化碳中添加螯合劑（即可與金屬結合之物質），藉由流體狀的二氧化碳將金屬（如工業廢棄物所含有的重金屬、稀土、貴金屬，以及放射性核能原料鈾等）萃取出來，再將二氧化碳還原成氣體狀態，還可進行重複使用，利用無毒性的技術取代傳統利用溶劑等化學原理來進行萃取，避免了二次污染的產生，因而被認作為「綠色製程科技」。

另外，專門製造核燃料的法商雅瑞華，也利用了 LCW 公司的超臨界流體技術，在美國華盛頓州 Richland 核燃料廠運轉產生的廢棄物，在其所燒成的灰燼中成功回收了鈾元素，在 32 公噸的放射性廢棄物灰燼中回收了 2 公噸的鈾，價值高達 5 百萬美元，同時也減少放射性廢棄物污染的問題。



海水中除了鹽之外，還含有硫酸鹽、鎂、鉀、溴化物、氟化物、金與鈾。

參考資料：
1. World Nuclear News. “First yellowcake from seawater for US team.”
2. PNNL. “Seawater yields first grams of yellowcake.”
3. New Atlas. “Cost-effective method of extracting uranium from seawater promises limitless nuclear power.”
4. 天下雜誌，《海水提取鈾燃料、核廢放射污染有解？81 歲教授的野望》



國外新聞

瑞典最終處置場預計在 2020 年定案

根據路透社最新報導，瑞典核燃料與廢棄物管理公司（SKB），已在今年初提交建造放射性廢棄物最終處置場的申請，這項處置場計畫申請，預計將取代瑞典使用中的用過核燃料濕式中期貯存設施（Clab），雖然得到瑞典核安管制機構的支持，但由於用來裝置用過核燃料的處置容器仍有安全疑慮，遭到瑞典土地與環境法院質疑，目前安全評估結果無法得出該處置場可以長久安全無疑的運轉，需在期限內提交相關文件進行補充。

瑞典 SKB 公司發言人霍夫（Simon Hoff）表示，對此 SKB 正在進行相關的研究，之後必須依照瑞典環境能源署所訂定的期限，在 2019 年 1 月 7 日前提交研究結果。SKB 預計提交結果後，環境能源署應可在 2020 年時決定是否批准該處置場的建設。

由 SKB 設計的這座最終處置場，最多可存放 12,000 噸的用過核燃料，約需要 10 年的時間來完成，而瑞典核電廠營運廠商則對處置場的延遲感到擔憂。在瑞典 8 部核電機組中負責其中 7 部營運的瑞典瓦騰福（Vattenfall）電力公司，其執行長在 4 月時表示，應要加快為用過核燃料最終處置制定解決方案的腳步，以防止過程變得過長和昂貴。瑞典目前已有 6 部發電用及 2 部研究用反應爐正在進行除役。

Reuters, 06/12/2018

美國能源部對先進核能技術研發提供資金

美國能源部（DOE）旗下的核能辦公室（The US Department of Energy's Office of Nuclear Energy）於近期選擇共 89 個範圍涵蓋核能研究、核子設施的獲取、交叉技術與基礎設施發展的計畫，來頒布一筆高達 6,400 萬美元（約 20 億元新台幣）的進步型核能技術獎勵基金，這些獎金將被分配至美國能源部國家實驗室、工業界與 39 所大學的相關研究計畫。

能源部目前替 63 個美國大學負責的核能相關研發計畫，提供 4,700 萬美元的研究基金，能源部表示，這些研究計畫為優秀的自然科學與工程學院的教師及學生，就民用核能創新技術與解決方法的研發提供機會，可維持美國於核能研究領域的領導地位。另外，能源部補充，還有額外 500 萬美金的研究基金，用來支持美國 18 個大學的反應爐與基礎設施改良相關計畫，這些計畫將為

25 部大學用研究反應爐的安全、性能與教育方面帶來改良與升級。

由能源部的國家實驗室、工業界與大學所負責的 5 個研究計畫，將獲得 500 萬美元獎金，這 5 項計畫的研究主旨為解決核能領域的挑戰，有助於研發進步型的輔助儀器與製造方法，及反應爐相關組件與燃料應用的材料等。另外還有 6,600 萬美元的獎金將用於實驗中子與離子輻射照射測試、輻照後檢測設施、同步輻射光束線照射能力與相關實驗的技術性協助與分析等的研究計畫。

能源部對此表示，核能是美國數種能源中重要的一部分，這些投資對於確保美國下一代人民，可不間斷的從安全、乾淨、可靠與有彈性的核能中受益，是很重要的。能源部也承諾，將替研究人員取得「開發進步型核能技術所需要的基礎設施與能力」的機會。

World Nuclear News, 06/19/2018

日本政府將與民營企業一同開發新一代反應爐

根據《日本經濟新聞》最新報導，日本經濟產業省已開始討論，將在 2018 年度內舉行一場專題研討會，供大型電力公司與反應爐建設公司等企業參加，以進一步提高反應爐安全性開發與商業化的合作。日本核電廠在 2011 年福島事故後，幾乎全數停止運轉接受安全檢查，目前僅有個位數的核電機組成功重啟運轉，但政府將核電占 2030 年的電力結構比設定在 20-22% 之間，代表 2030 年時預計需有 30 部核電機組處於運轉狀態。因此，日本政府希望結合相關專家與企業，通過建立政府與企業之間的合作機制，來鼓勵新建與改良核電機組。

現在所使用的大型反應爐，可實現 100 萬瓩規模的裝置容量，但建設費用及安全對策的投資，將面臨膨脹的困境。作為新一代的反應爐，除了改良大型反應爐、提高安全性之外，還將對建設裝置容量 10-30 萬瓩的小型反應爐進行討論。大型反應爐的建設需耗資數兆日圓，而小型反應爐的建設費用則可控制在數千億日圓內。

日本經濟產業省將諮詢各大電力公司與反應爐建設企業是否願意參加該研討會，預計東京電力與關西電力等電力公司，及三菱重工業、日立與其他反應爐建設公司，都是邀請的對象。據報導，由於日本大多數的反應爐仍處於閒置狀態，除役的成本也隨之增加，而日本 9 大電力公司須各自處理用過核燃料，被視為一項太過困難的課題。

日本經濟新聞 · 07/11/2018

瑞士米勒貝格核電廠獲准除役

瑞士 BKW 電力公司最近宣布米勒貝格（Mühleberg）核電廠的除役指令，該座只有一部 37.2 萬瓩沸水式反應爐的核電廠，自 1972 年開始運轉，預計 2019 年永久關閉，將成為瑞士首部除役的核電機組。瑞士聯邦環境與能源相關部門（Detec）下令，除役工作須按照 BKW 公司於 2015 年提出的除役計畫進行，還必須滿足多項要求，特別是監管機構瑞士聯邦核能安全監察局（Ensi）於 2017 年 8 月提出的報告中，所規定的技術、組織與程序條件。

BKW 公司表示，反應爐關閉與之後拆除的規劃目前都進行得很順利，也確保了反應爐除役與廢棄物處理方面的融資，BKW 公司須對這些費用全額負責，也須向聯邦控管的除役與處置基金支付資金。另外，聯邦環境與能源相關部門還要求 BKW 公司，最晚須在 2027 年底向瑞士聯邦能源辦公室（Swiss Federal Office of Energy）提交除役計畫。

BKW 公司在 2013 年底時宣布，由於「有政治與監管傾向的不確定性」，米勒貝格核電廠將提前於 2019 年底永久關閉，而不是原定計畫的 2022 年。

Nuclear Engineering International, 06/25/2018

法國重申對核電的承諾

法國經濟部長 Bruno Le Marie 6 月底在巴黎「2018 年世界核能博覽會」開幕致詞中，強調核工業對法國的重要性，並表示核電是法國長期能源結構中「必要」的組成要素。核工業在法國提供近 22 萬個高質量工作機會，使其成為法國第三大工業部門，該部門的年收入高達 500 億歐元（約 1 兆 7 千萬元新台幣），其中有 1/5 來自於電力出口。

法國經濟部長強調法國政府繼續投資核電領域的需求，並公開最近幾年投資於核電的資金已約有 100 億歐元，顯現法國對核電的信心，同時也提到，核能在電力供應安全、競爭力與可續性方面至關重要。目前，法國的電力成本比鄰國的德國低了近 40%。

另外，法國經濟部長在受訪時就「法國核電因再生能源獲得額外投資而受到威脅」此說法表達看法，表示「法國有能力在不削弱其核工業的情況下，加速達到其再生能源發電組合的多樣化」，消除上述的擔憂。法國目前有 58 部核電機組運轉中，及一部機組在 Flamanville 第三核電廠建設中，核電在 2017 年為法國提供超過 7 成的電力。

Nuclear Engineering International, 06/27/2018

全球首座位於中國的 EPR 與 AP1000 相繼併網發電

位於廣東的台山核電廠 1 號機、全球首座 EPR 反應爐，於今年 6 月 29 日成功併網發電，位於浙江的三門發電廠 1 號機，也是全球首座 AP1000 反應爐，則在隔天 6 月 30 日也成功併網發電。中國在 12 小時內，相繼成功運轉兩座第三代核電示範機組，成為史上重要的里程碑。

中、法兩國合作建立的台山核電廠，由中國廣核集團、廣東粵電集團及法國電力集團，共同投資成立的「台山核電合營有限公司」負責建設與運轉，該電廠預計建設 6 部壓水式反應爐，其中 1 號機的建設工程於 2009 年開始，為全球第 3 部開工建設的 EPR 第三代壓水式反應爐。中廣核集團表示，台山 1 號能成為首部發電的 EPR，除了結合中、法兩國的核電建設與運轉經驗，位於歐洲的兩部 EPR 也為台山 1 號提供經驗回饋；這次所獲得的經驗，將為中廣核與法國電力於英國欣克利角核電廠的合作建設計畫，起了示範與支撐的作用。

相對於 EPR，AP1000 的過程就坎坷許多，在中國決定調整國家核電政策，從「適度發展核電」至「積極發展核電」後，即啟動一批新的核電建設計畫，並引進世界先進的核電技術。在技術引進確定來自美國西屋電氣後，浙江三門核電廠與山東海陽核電廠共 4 部機組建設計畫，被確定為中國第三代核電自主化依託計畫，但三門 1 號機由於建設過程中出現一些困難，原計畫在 2013 年 5 月開始裝填燃料、2014 年底投入商轉，至今延後近 4 年的時間。根據國家核電技術公司的消息，該部機組已於 6 月 21 日首次達到臨界，將在併網後開始試運轉，進行多項測試，為正式商轉進行最後準備。

根據中國核電「三步走」策略，第三代核電將在未來長時間內成為中國核電建設主流。目前中國的三代核電機組中，除了採用法、美的技術之外，還有來自中國本土自主建立的「華龍一號」，首兩座華龍一號機組目前仍在建設當中。

中國電力企業聯合會 · 07/04/2018

國內新聞

輻射監測生力軍！石門水庫、清華大學環境輻射監測站正式上線

石門水庫、清華大學環境輻射自動監測站正式上線！原能會自 2018 年 7 月 10 日起，在網站上除了原有的 47 個測站外，還將加入石門水庫、清華大學等 2 個監測站，每隔 5 分鐘更新即時監測數據，民眾動動手指上原能會官網 (www.aec.gov.tw) 或手機下載全民原能會 App 就可以看到全國 49 個環境輻射監測站的即時資訊。

原能會表示，特別感謝經濟部水利署北區水資源局，及國立清華大學提供場地與電力等資源，原能會輻射偵測中心負責輻射監測相關技術與設備，使全國環境輻射即時監測網再添 2 個生力軍，擴大我國固定式環境輻射監測範圍，讓民眾更能掌握生活周遭輻射狀況，為重要水源與校園的輻射安全把關。

本刊訊 · 2018/07/10



圖 1. 石門水庫監測站





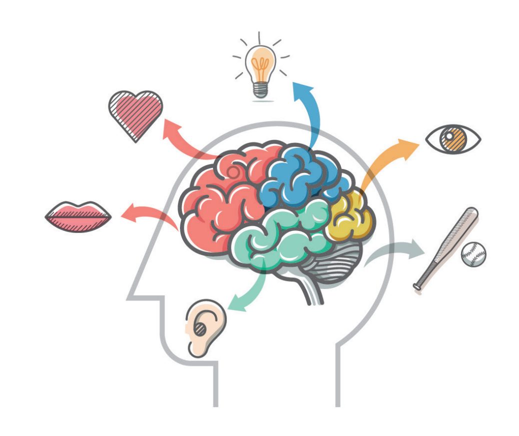
圖 2. 清華大學標準型環境輻射監測設施

核燃料分批運送是國際標準作業 5 年可攤平外運成本

台電公司依立法院 2018 年 1 月 30 日通過於 2020 年底前，全數移出核四廠燃料的決議，於 7 月 5 日辦理核四廠首批燃料棒運出。台電表示，燃料運送需符合台、美規範的合格運輸箱，數量有限，1,744 束需 872 個運輸箱，每 10 箱裝一個貨櫃，需 88 輛貨櫃車，無法一次運送；當年該批燃料亦分 7 批運抵國內。

台電強調，燃料全數運出後，每年可節省保警、保險、保防視察等共約 1.4 億元費用，及廠內人力、物力及管理等成本。核燃料拆解與外運費用為 6.9 億元，在全數運出後 5 年，此項費用即可攤平。而當時購置該批燃料帳列 81.6 億元，已納入台電公司資產負債表「不動產、廠房及設備」項下之「購建中固定資產」中。

本刊訊 · 2018/07/6

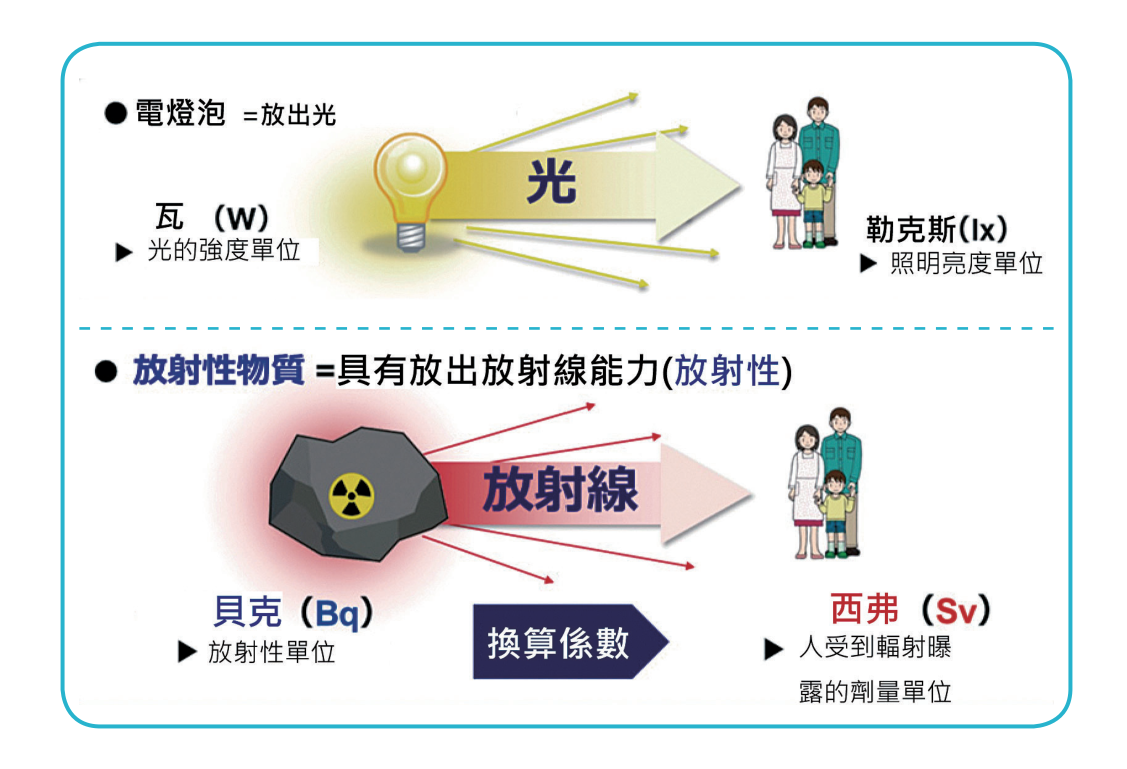


什麼是放射性與輻射？(九)

譯 朱鐵吉

Q 20：何調輻射、放射性、放射性物質？

A 電燈泡會發出光，這種發光能力的單位以「瓦」表示；人們受到光照射，它的明亮度以「勒克斯 (lux)」的單位表示。而有關輻射的單位有兩個，一是「貝克」，另一個是「西弗」。



當某岩石有能力釋放出輻射時，這種岩石就是放射性物質。放射性物質釋放出輻射，這種能力就是「放射性」。有人說：「這個岩石含有放射性」、「這種岩石會釋放出輻射」，就是在敘述這種能力。有放射性的岩石釋放出輻射的能力大小以「貝克 (Bq)」表示。

接受輻射照射之後受到多少影響，需要用輻射的單位「西弗 (Sv)」表示。從「貝克 (Bq)」換算「西弗 (Sv)」有特別的換算係數。

放射性「貝克 (Bq)」越大的話，從放射性物質放出的輻射就越強；被曝露的量「西弗 (Sv)」是與放射性物質的距離遠近而有變化，距離放射源越遠，輻射的強度就越弱，就像距離電燈泡越遠光線越弱的道理相同。

Q 21. 輻射與放射性物質有什麼差異？

A 放射性物質是能釋放出輻射的物質，例如「水中含有放射性物質」。也就是說，放射性物質內含有放射性，具有釋放出輻射的能力。

密封在容器中的放射性物質，如果放入水中，輻射被限制在容器內，所以不會溶於水中。反之，如果非密封狀態，放射性物質也會溶解、分布於水中。





22. 輻射與放射性的單位有什麼不同？

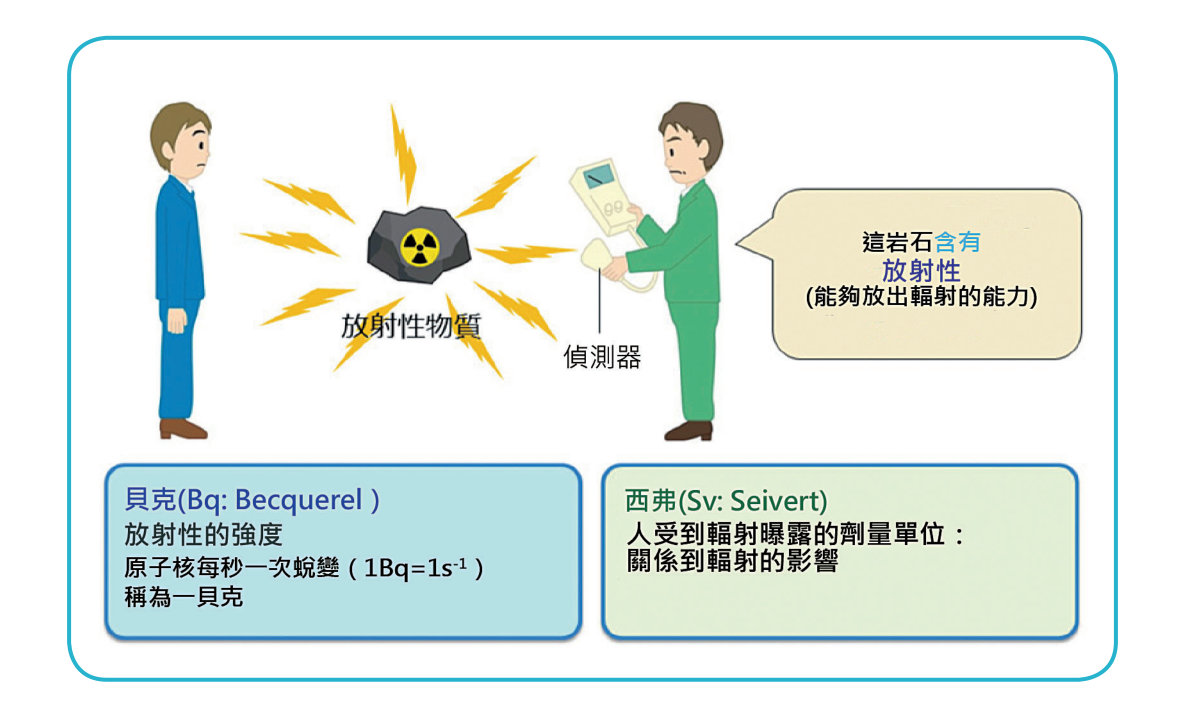
A 輻射無色無味，眼睛看不到、聞不到，但是用儀器可以測量到。

有關輻射的單位，比較常聽到的「貝克 (Bq)」和「西弗 (Sv)」。例如專門測量土壤放射性的測定儀器，可以測出其含有的放射性物質。「貝克 (Bq)」是表示放射性強度的單位，「西弗 (Sv)」是表示人體受到輻射照射後，受到影響的單位。

放射性物質多的地點，徒手去搬運那些物質的話，會受到很多輻射照射，所以需要使用輻射偵測儀，測量它照射量的大小。放射性物質釋放出輻射的強度和種類，可以用偵測儀測得。

依據許多調查的結果，事故發生時，受到人造輻射與自然輻射的影響，可由其偵測合計的量得知。

利用偵測儀測量輻射是很簡易的方法，非常適用於輻射的管理和防護。



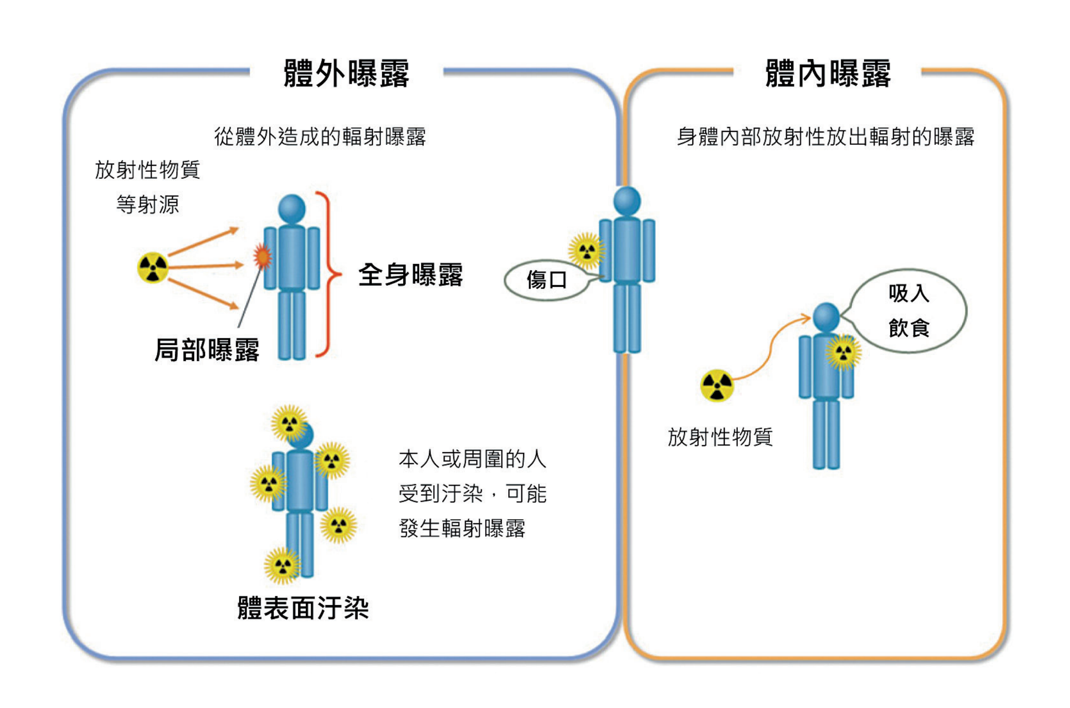
Q 22. 曝露的種類有那些？

A 受到放射性物質釋放出的輻射照射而產生曝露汙染，放射性汙染致使物質含有放射性，包括人及場所亦會受到汙染。也就是說，放射性汙染是把放射性物質曝露在沒有放射性物質的地方。

輻射的種類主要有阿伐射線（α）、貝他射線（β）、加馬射線（γ）…等，不同的輻射種類，依進入體內通路的差異，稱為「體外曝露」和「體內曝露」。

體外受到輻射照射，叫作「體外曝露」。吸入含有飛散放射性物質的空氣，或攝入汙染的食物時，體內就會受到輻射照射，放射性物質也會從傷口進入體內，這些狀況稱為「體內曝露」。

放射性物質汙染附著在身體表面，稱為「表面汙染」。這種情形，被汙染的人會受到輻射曝露，周圍的人如果受到二次汙染，亦會受到曝露。表面汙染放射性物質，從鼻、口、傷口，亦會進入體內，使體內受到曝露。



本單元資料來源：日本環境省《輻射對健康影響的基礎知識》，2016 年。



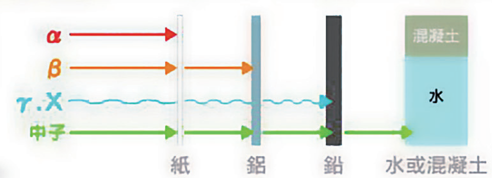
Q：聽說住在核電廠附近
會吸收到高輻射量，
危及健康及生命財產的安全，
真的是這樣嗎?

正確的觀念是
不同的輻射
具有不同的穿透能力



首先，一般所謂的輻射或放射線，都是指游離輻射而言，
通常又可區分為：

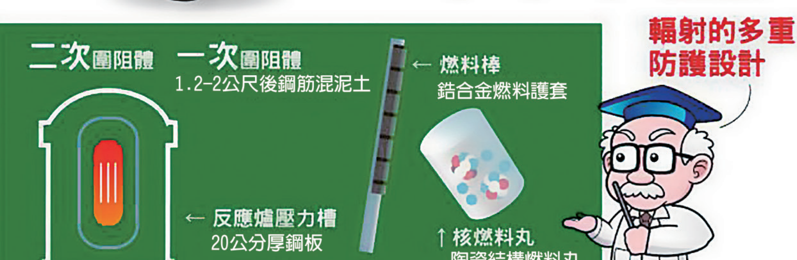
1. 電磁波輻射 如X射線及加馬(γ)射線；
2. 粒子輻射 如阿伐(α)射線、貝他(β)射線及中子射線





外面在下雨





輻射的多重防護設計

核能電廠設計了五種屏障防止放射性物質及輻射外洩，多重防護！

